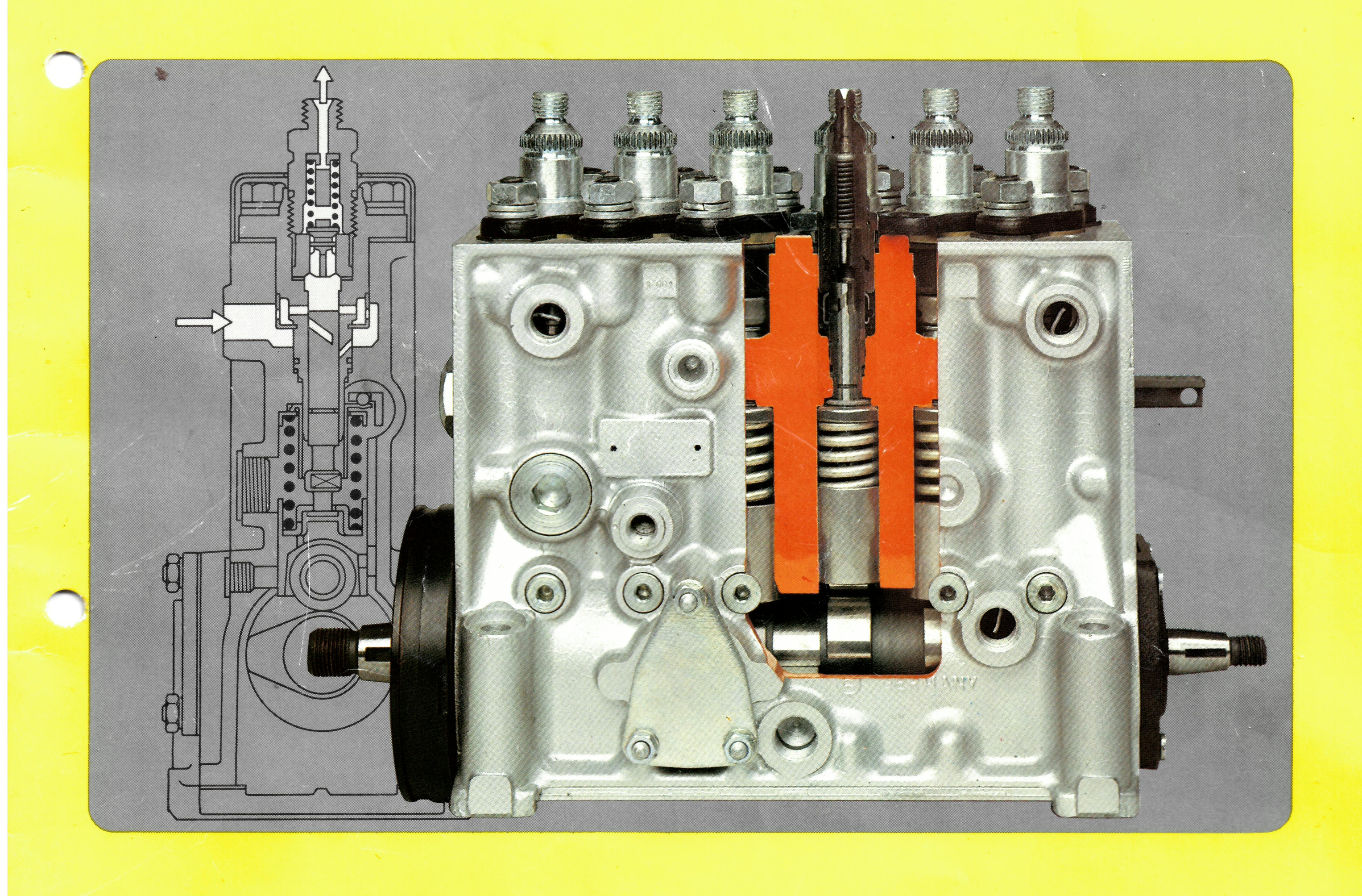
# BOSCH

# Technische Unterrichtung



# Diesel-Einspritzpumpen Typ PE und PF

Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1
Unternehmensbereich
Kraftfahrzeugausrüstung
Abt. Techn. Druckschriften, KH/VDT



Printed in the Federal Republic
of Germany.
Imprimé en République Fédérale
d'Allemagne.

1. Ausgabe
Juni 1981

# Diesel-Einspritzpumpen Typ PE und PF

4 **Dieselmotor**
4 Das Dieselprinzip
4 Abgasverhalten

5 **Einspritzanlage**
5 Übersicht
5 Kraftstoffbehälter
5 Leitungsanordnung
6 Förderpumpen
8 Kraftstoffilter
8 Einspritzpumpen
8 Druckleitungen
9 Düsenhalter
10 Einspritzdüsen

12 **Reiheneinspritzpumpen**
12 Allgemeines
12 Antrieb der Einspritzpumpe
12 Aufbau
13 Betätigung der Pumpenelemente
14 Pumpenelement
15 Kraftstoffzumessung
16 Druckventil
16 Rückströmdrossel
16 Veränderung der Fördermenge
18 Drehzahlregelung
20 Erläuterung der Pumpenbezeichnung
21 Pumpenbaureihe
22 Pumpengröße M
22 Pumpengröße A
22 Pumpengröße MW
23 Pumpengröße P
24 Spritzversteller

26 **Einspritzpumpen Typ PF**
26 PF – Pumpe ohne Rollenstößel
26 PF – Pumpe mit Rollenstößel

28 **Pumpen für Mehrstoffmotoren**
28 Förderpumpe für Mehrstoffmotoren
28 Einspritzpumpe für Mehrstoffmotoren

29 **Betrieb der Einspritzpumpe**
29 Einstellen der Einspritzpumpe
30 Entlüften der Einspritzanlage
30 Schmierung
31 Stillegen der Einspritzpumpe

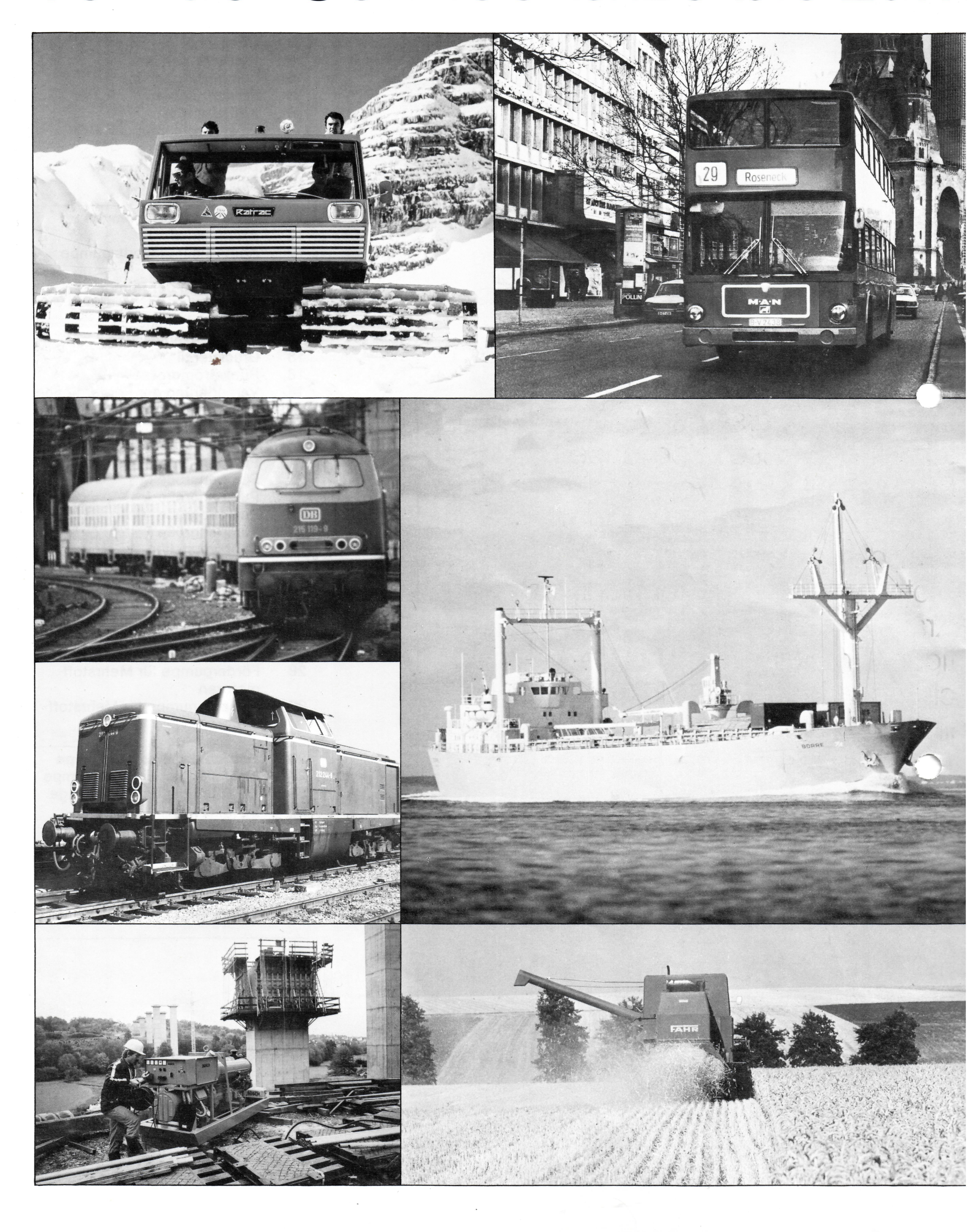
32 **Anhang**
32 Zusammenfassung
33 Fachwörter
36 Testseite

Zur Ergänzung:

**Drehzahlregler für Diesel-Reiheneinspritzpumpen**
In diesem Heft werden die zu den Reiheneinspritzpumpen Typ PE passenden Drehzahlregler beschrieben.
Bestellnummer: VDT-UBP 210/1

Dieselmotoren im Verkehr und stationär :

# Von der Schneekatze bis zum



# Superschiff !

Dieselmotoren sind aus der Technik nicht wegzudenken. Ob bei der Bahn oder im Kraftfahrzeug, im Schiffsbau, bei landwirtschaftlichen Geräten und bei stationären Motoren, als Antrieb für verschiedenste Zwecke: Überall arbeiten Dieselmotoren zuverlässig, sparsam und umweltfreundlich. Für das zuverlässige und sparsame Arbeiten sind präzise arbeitende Einspritzanlagen Voraussetzung. Mit der Einspritzanlage wird die für eine bestimmte Motorleistung erforderliche Kraftstoffmenge mit dem nötigen Druck in der entsprechenden Zeit in die Motorzylinder eingespritzt. Es gibt zwei grundsätzliche Bauarten von Einspritzpumpen: den Einspritzpumpentyp PE und PF mit jeweils einem Kolben pro Motorzylinder und den Einspritzpumpentyp VE mit nur einem Kolben für mehrere Motorenzylinder.

Wie sich Einspritzanlagen mit dem Einspritzpumpentyp PE und PF zusammensetzen können und wie sie funktionieren, erfahren Sie aus diesem Heft.

# Dieselmotor

## Das Dieselprinzip

Der Dieselmotor saugt beim Saughub nur Luft an. Während des Verdichtungshubes erhitzt sich die Luft. An der erhitzten Luft entzündet sich der eingespritzte Dieselkraftstoff.

Die Dieselmotoren heutiger Bauart sind überwiegend Motoren, die nach dem Viertaktverfahren (Ansaugen, Verdichten, Verbrennen, Ausstoßen) arbeiten. Außerdem gibt es bei Dieselmotoren auch die Konstruktion nach dem Zweitaktverfahren (Ansaugen und Verdichten, Verbrennen und Ausstoßen). Das Zweitaktverfahren gelangt aber nur noch selten zur Verwendung. Das charakteristische Dieselprinzip ist wie folgt gekennzeichnet:

- Es wird Luft angesaugt.
- Die Luft wird sehr hoch verdichtet (ca. 1 : 20).
- Die Luft erhitzt sich dabei sehr stark (ca. 500 ... 750°C).
- In die verdichtete Luft wird Kraftstoff eingespritzt.
- Der Kraftstoff entzündet sich an der erhitzten Luft.

Beim Dieselprinzip ist man bestrebt, nach dem Zündbeginn eine Gleichdruckverbrennung zu erreichen, d. h. die Menge des eingespritzten Kraftstoffes soll auf die Einspritzzeit so verteilt werden, daß der Verbrennungsdruck möglichst gleich bleibt (praktisch nur bei Großmotoren erreicht). Anders ausgedrückt: es soll nur so viel Kraftstoff je Grad Kurbelwinkel eingespritzt werden, als in diesem Zeitraum verbrannt werden kann, ohne daß der Verbrennungsdruck übermäßig steigt.

## Abgasverhalten

In Verbrennungsmotoren entstehen durch die unvollkommene Verbrennung schädliche Abgase. Der Dieselmotor zeichnet sich jedoch gegenüber dem Ottomotor durch ein besseres Abgasverhalten aus.

Auf Grund der verschärften Gesetzgebung zur Verminderung der Schadstoffemission kann die Gemischzusammensetzung nicht mehr wie früher ausschließlich mit Rücksicht auf ein gutes Fahrverhalten und einen sparsamen Verbrauch gewählt werden. Im Vordergrund steht heute die Forderung nach einer möglichst geringen Schadstoffemission. Dies gilt ganz besonders in den USA.

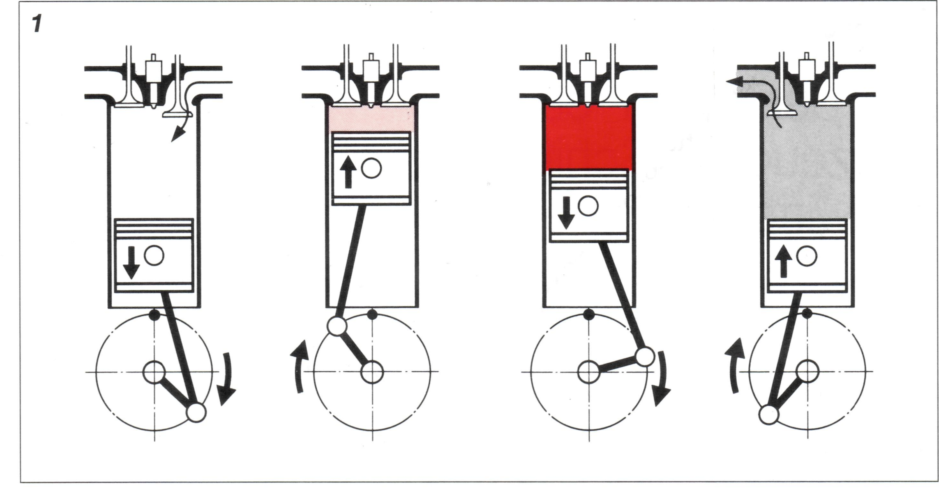



***Bild 1* Viertaktverfahren des Dieselmotors.**
*1. Takt: Ansaugen, 2. Takt: Verdichten, 3. Takt: Arbeiten, 4. Takt: Ausstoßen.*

Die heutigen Verbrennungsmotoren, ob Otto- oder Dieselmotor, werden mit Mineralölprodukten betrieben, die chemisch als Kohlenwasserstoffe bezeichnet werden. Bei der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe mit Sauerstoff entsteht bei der vollständigen Verbrennung Kohlendioxid und Wasser. In Verbrennungsmotoren findet jedoch eine unvollkommene Verbrennung statt. Unterschiedliche Last- und Drehzahlzustände, mangelhafte Vermischung von Luft und Kraftstoff, ungenügende Temperaturen im Verbrennungsraum führen zu Teilreaktionen oder Nebenreaktionen, die die schädlichen Abgase bilden. Schädliche Abgase sind:

- Kohlenmonoxid CO, als Folge ungenügendem, örtlichen Sauerstoffangebots
- unverbrannte oder teilverbrannte Kohlenwasserstoffe
- Stickstoffoxide $NO_x$, aus der Reaktion des Sauerstoffs mit dem Luftstickstoff
- Kohlenstoff oder Schwarzrauchemission
- Aldehyde, d. h. geruchsintensive Kohlenwasserstoffverbindungen.

Da die dieselmotorische Verbrennung mit hohem Luft/Sauerstoffüberschuß ablaufen kann, treten keine Probleme mit der CO-Emission auf. Dagegen ist die Bildung teilverbrannter Kohlenwasserstoffe ein Dieselproblem bei Niedriglast- oder Kaltlaufbetriebsbedingungen. Stickstoffoxide oder kurz Stickoxide entstehen dagegen bei örtlich sehr hohen Temperaturen, die kurzzeitig durch Druckspitzen beim Verbrennungsablauf entstehen, also meist bei hohen Drehzahlen und Belastungen auftreten.

Die als Dieselrauch allgemein bekannte Schwarzrauchentwicklung ist die Folge eines während der Verbrennung auftretenden örtlichen Sauerstoffmangels, der die Abspaltung reinen Kohlenstoffs bewirkt, der als eine Wolke kleinster Partikel den Schwarzrauch bildet.

Festgelegt und kontrolliert wird die Abgasemission von den Behörden der einzelnen Staaten. In den USA und in Japan bestehen zur Zeit die schärfsten Anforderungen an das Abgasverhalten. Bislang ist der Dieselmotor noch in der Lage, die vorgeschriebenen Grenzwerte ohne Zusatzmaßnahmen zu erfüllen. Eine weitere Verschärfung der Grenzwerte würde auch beim Dieselmotor zu zusätzlichen Eingriffen am und im Motor führen, beispielsweise

- in der Motorenkonstruktion
- bei der Gemischbildung
- bei der Gemischaufbereitung
- durch eine Abgasnachbehandlung.

# Einspritzanlage

## Übersicht

Zur Niederdruckseite einer Einspritzanlage gehören Kraftstoffbehälter, Förderpumpe, Kraftstoffilter, der Saugraum der Einspritzpumpe, Überströmventil und die entsprechenden Kraftstoffleitungen.
Die an der Einspritzpumpe angebaute Förderpumpe saugt den Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter und fördert ihn zum Saugraum der Einspritzpumpe. In der Kraftstoffzuführung befinden sich Filter, welche die mit höchster Präzision gefertigte Einspritzpumpe vor den Verunreinigungen des Kraftstoffes schützen.
Auf der Hochdruckseite der Einspritzpumpe wird der zum Einspritzen benötigte Kraftstoffdruck erzeugt. Der Kraftstoff wird hierbei über Druckventil, Druckleitung und Düsenhalter zur Einspritzdüse gefördert. Durch den Kraftstoffdruck öffnet die Düsennadel und der Dieselkraftstoff gelangt fein verteilt in den Verbrennungsraum des Motors.
Über eine Verstelleinrichtung wird die Fördermenge von dem Drehzahlregler in Abhängigkeit von Drehzahl und Last beeinflußt. Die Verstelleinrichtung ist in der Einspritzpumpe integriert und der Regler wird meist an der Einspritzpumpe angebaut.

## Kraftstoffbehälter

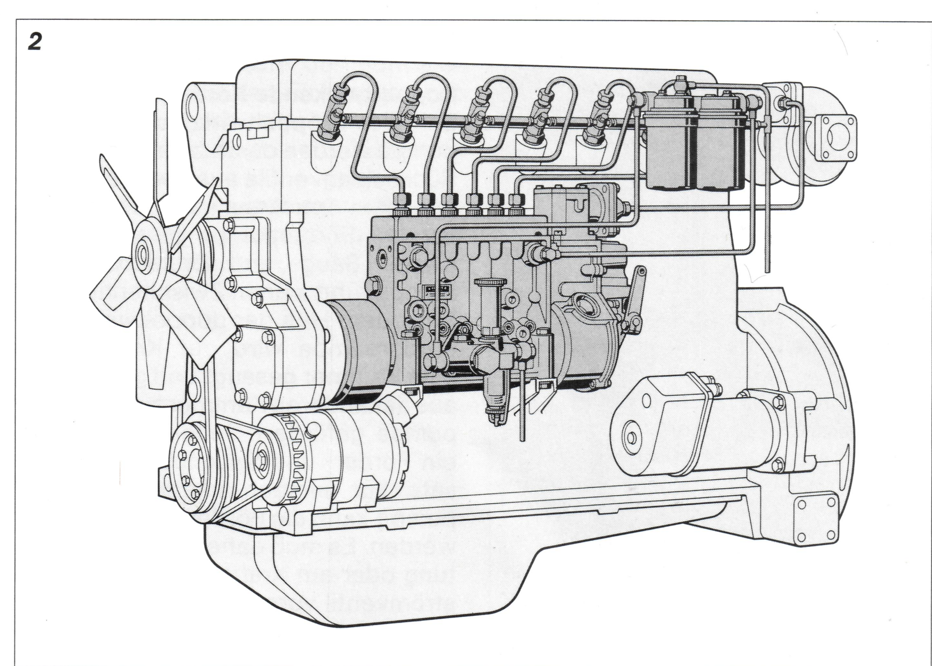
Abhängig von der Größe des Fahrzeugs bzw. von dem Platzangebot für den Kraftstoffbehälter im oder am Fahrzeug gibt es unterschiedliche Ausführungsgrößen. Die Kraftstoffbehälter unterscheiden sich hierbei hauptsächlich in Form und Volumen. Im Normalfall ist der Kraftstoffbehälter aus Stahlblech hergestellt. Auf den Innenseiten ist er mit einer Lackschicht überzogen, um Korrosion zu vermeiden. Der Einbauart entsprechend sind Zulauf- und Rücklaufstutzen zur Einspritzpumpe, Einfüllstutzen, Ablaßschraube und Entlüftungseinrichtung angebracht.

## Leitungsanordnung

Für die Funktion der Einspritzpumpe ist es erforderlich, daß der Kraftstoff der Einspritzpumpe kontinuierlich, blasenfrei und unter Druck zugeführt wird. Diese Kraftstoffzuführung wird durch folgende Leitungsanordnungen gewährleistet:

- Falltankbetrieb
- Förderpumpenbetrieb.

**Falltankbetrieb**
Falltankbetrieb wird meist bei Schleppern und Kleinst-Dieselmotoren angewendet. Der Kraftstoff fließt bei dieser Leitungsanordnung dem Filter und der Einspritzpumpe unter Gefälle zu. Bei geringem Höhenunterschied zwischen Kraftstoffbehälter und Kraftstoffilter bzw. Einspritzpumpe ist es günstig, größere Leitungsquerschnitte zu verwenden. Dadurch ist auch in diesem Fall eine ausreichende Kraftstoffzuführung zur Einspritzpumpe gewährleistet. Vorteilhaft ist der Einbau eines Absperrhahns zwischen Kraftstoffbehälter und Kraftstoffilter. Im Reparaturfall bzw. bei Wartungsarbeiten kann damit der Kraftstoffzulauf unterbrochen werden, so daß eine Leerung des Kraftstoffbehälters entfallen kann.



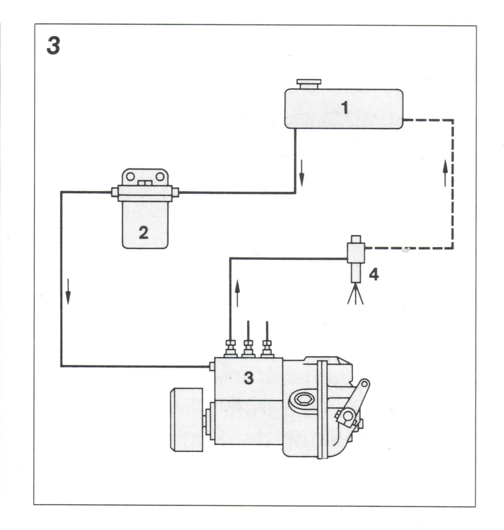




***Bild 2*** ***Dieselmotor mit Einspritzausrüstung.***

***Bild 3*** ***Einspritzanlage mit Falltankbetrieb.***
*1 Kraftstoffbehälter, 2 Kraftstoffilter, 3 Einspritzpumpe, 4 Einspritzdüse, ——— druckführend, - - - drucklos.*

**Förderpumpenbetrieb**
In Fahrzeugen mit großem Höhenunterschied und (oder) großer Entfernung zwischen Kraftstoffbehälter und Einspritzpumpe ist eine Förderpumpe eingebaut. Sie ist im Normalfall an der Einspritzpumpe angeflanscht. Abhängig von den Einsatzbedingungen des Motors und den motorspezifischen Gegebenheiten sind unterschiedliche Leitungsanordnungen notwendig. Zwei mögliche Ausführungsarten sind im Bild 4 und 5 dargestellt.
Befindet sich der Kraftstoffilter in unmittelbarer Nähe des Motors, so kann es zur Gasblasenbildung innerhalb des Leitungssystems führen. Um dies zu vermeiden ist eine Durchspülung des Saugraums der Einspritzpumpe notwendig. Realisiert wird dies durch die Anbringung eines Überströmventils am Saugraum der Einspritzpumpe (Bild 4). Der überschüssige Kraftstoff kann bei dieser Leitungsanordnung durch das Überströmventil und die Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter zurückfließen. Ist im Motorraum eine hohe Umgebungstemperatur vorhanden, so ist eine Leitungsanordnung nach Bild 5 möglich. Bei dieser Leitungsanordnung ist am Kraftstoffilter eine Überströmdrossel angebracht, über die, während des Betriebs, ein Teil des Kraftstoffes zum Kraftstoffbehälter zurückfließt und vorhandene Gas- oder Dampfblasen mitnimmt. Gasblasen, die sich im Saugraum der Einspritzpumpe bilden, werden durch den am Überströmventil austretenden überschüssigen Kraftstoff über die Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter abgeführt. Durch die kontinuierliche Durchspülung des Saugraums wird die Einspritzpumpe gekühlt und die Bildung von Gasblasen verhindert.

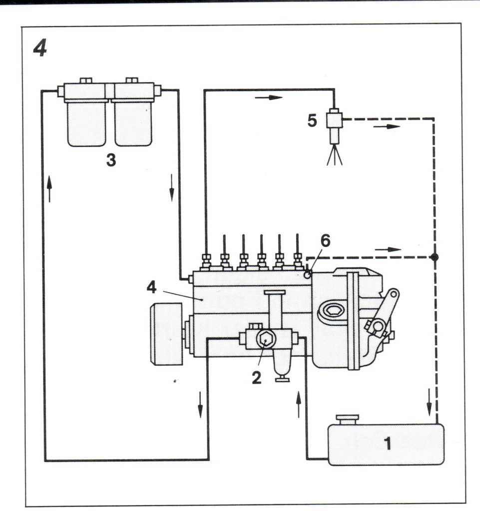



***Bild 4 Einspritzanlage mit Überströmventil an der Einspritzpumpe.***
*1 Kraftstoffbehälter, 2 Förderpumpe, 3 Kraftstoffilter, 4 Einspritzpumpe, 5 Einspritzdüse, 6 Überströmventil, ——— druckführend, --- drucklos.*

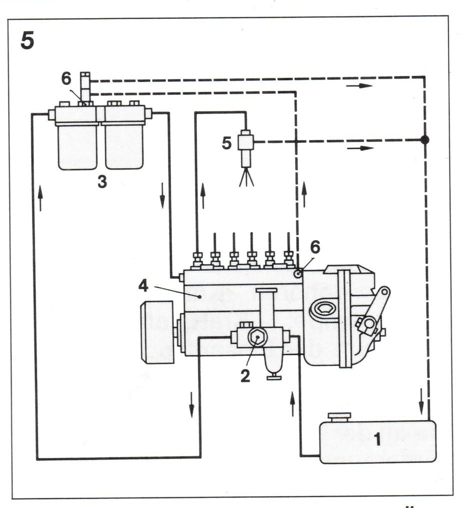



***Bild 5 Einspritzanlage mit zusätzlicher Überströmdrossel am Kraftstoffilter.***
*1 Kraftstoffbehälter, 2 Förderpumpe, 3 Kraftstoffilter, 4 Einspritzpumpe, 5 Einspritzdüse, 6 Überströmventil bzw. Überströmdrossel, ——— druckführend, --- drucklos.*

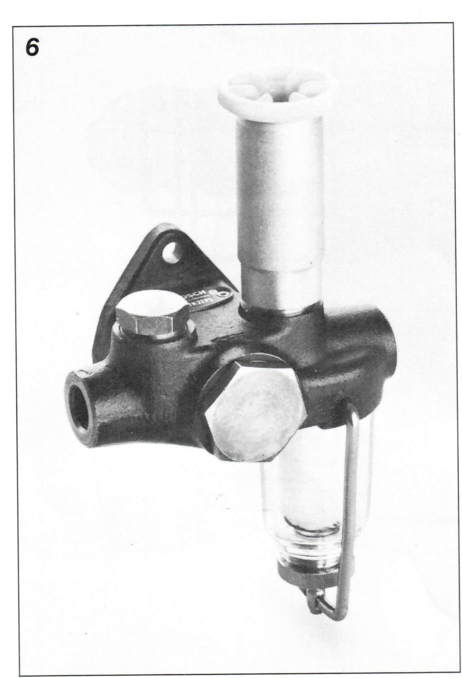
## Förderpumpen

Eine Förderpumpe saugt den Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter an und fördert ihn unter Druck durch das Kraftstoffilter in den Saugraum der Einspritzpumpe.

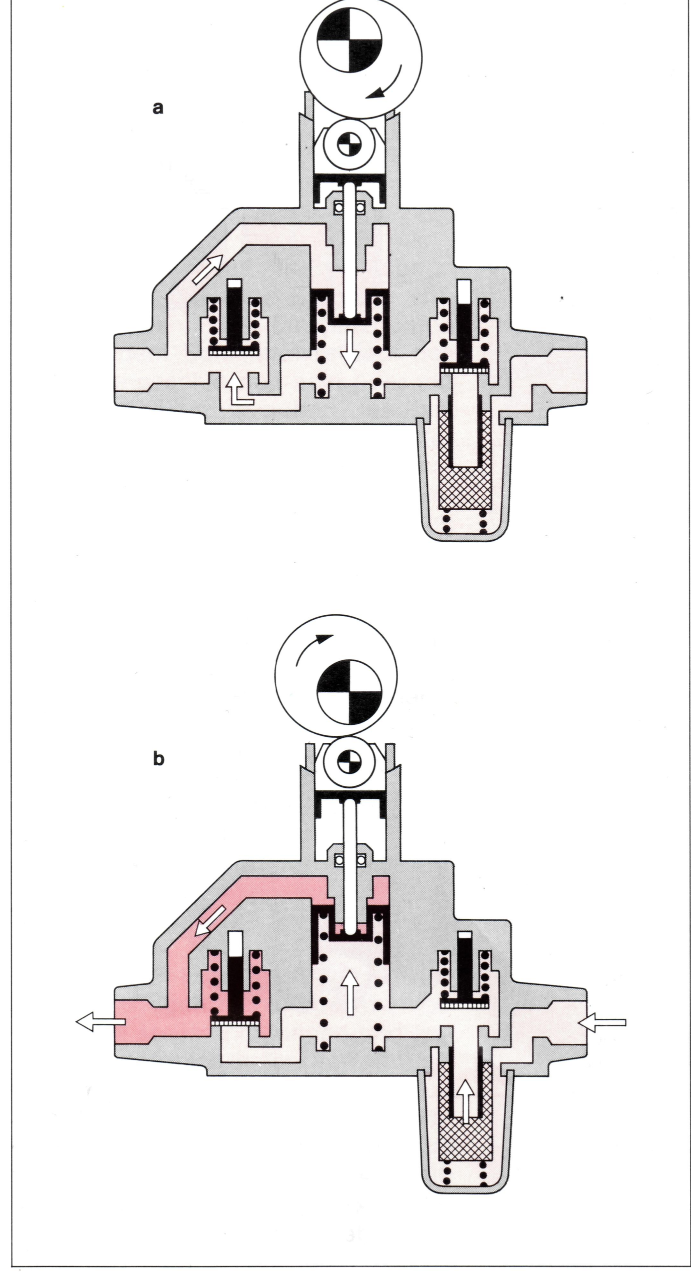
Bei den Fahrzeugdieselmotoren mit Reiheneinspritzpumpen muß der Kraftstoff dem Saugraum der Einspritzpumpe unter Druck (ca. 1 bar Überdruck) zugeführt werden, da sonst die Füllung der Pumpenzylinder nicht gewährleistet ist. Der zur Zylinderfüllung notwendige Saugraumdruck wird durch die Verwendung eines oberhalb der Einspritzpumpe angebrachten Kraftstoffbehälters (Falltank), oder durch den Einsatz einer Förderpumpe erreicht. In diesem Fall kann der Kraftstoffbehälter unterhalb und (oder) weit entfernt von der Einspritzpumpe angebaut sein.
Die Förderpumpe ist eine mechanische Kolbenpumpe und ist im Regelfall an der Einspritzpumpe befestigt. Angetrieben wird die Förderpumpe von der Nockenwelle der Einspritzpumpe. An der Förderpumpe kann auch eine Handpumpe angebaut sein. Sie dient zum Füllen und Entlüften der Saugseite der Einspritzanlage bei Inbetriebnahme oder nach Wartungsarbeiten.
Es gibt einfachwirkende und doppeltwirkende Förderpumpen. Je nach Größe der Einspritzpumpe werden eine oder zwei Förderpumpen an die Einspritzpumpe angebaut.

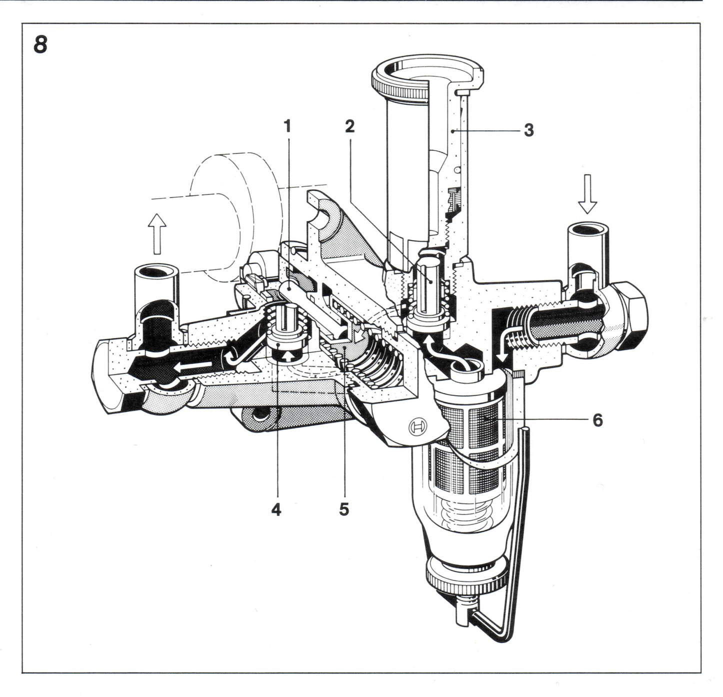
### Einfachwirkende Förderpumpe
Die einfachwirkende Förderpumpe besteht aus zwei Kammern, die durch einen beweglichen Kolben getrennt sind. Von dem Exzenter auf der Nockenwelle der Einspritzpumpe wird über einen Rollenstößel und Druckbolzen die Hubbewegung eingeleitet. Beim Zwischenhub strömt der Kraftstoff über das druckseitige Rückschlagventil in den Druckraum. Beim Förder- und Saughub fördert der unter dem Druck der Kolbenfeder zurückgehende Kolben aus dem Druckraum Kraftstoff zur Einspritzpumpe. Gleichzeitig saugt die Förderpumpe auch Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter über Vorreiniger und saugseitiges Rückschlagventil.
Steigt der Druck in der Förderleitung über einen gewissen Wert, so reicht die Kraft der Kolbenfeder nicht mehr aus, um einen vollen Arbeitshub durchzuführen. Die Fördermenge wird dadurch kleiner und kann Null werden, wenn der Druck weiter ansteigt. Die Förderpumpe schützt auf diese Weise das Kraftstoffilter vor zu hohen Drükken.

***Bild 6 Förderpumpe.***




### Doppeltwirkende Förderpumpe
Bei der doppeltwirkenden Förderpumpe werden durch zwei zusätzliche Rückschlagventile aus dem Saugraum und dem Druckraum der einfachwirkenden Förderpumpe je ein kombinierter Saug- und Druckraum. Die Pumpe führt keinen Zwischenhub aus. Bei jedem Hub der doppeltwirkenden Förderpumpe wird der Kraftstoff in eine Kammer gesaugt und gleichzeitig aus der anderen Kammer zur Einspritzpumpe gefördert. Jeder Hub ist also ein Förder- und Saughub. Im Gegensatz zur einfachwirkenden Förderpumpe kann die Fördermenge nie Null werden. Es muß daher in der Druckleitung oder am Kraftstoffilter ein Überströmventil vorgesehen werden, über das zuviel geförderter Kraftstoff zum Kraftstoffbehälter zurückfließen kann.



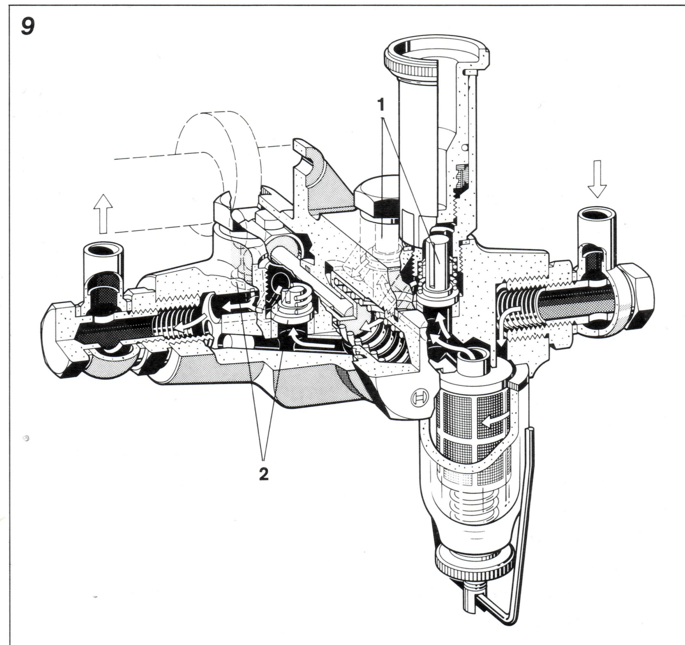




***Bild 7 Funktion der einfachwirkenden Förderpumpe.***
*a Zwischenhub, b Förder- und Saughub.*

***Bild 8 Förderpumpe, einfachwirkend.***
*1 Stößel, 2 Rückschlagventil (Saugseite), 3 Handpumpe, 4 Rückschlagventil (Druckseite), 5 Kolben, 6 Vorreiniger.*

***Bild 9 Förderpumpe, doppeltwirkend.***
*1 Rückschlagventil (Saugseite), 2 Rückschlagventil (Druckseite).*

## Kraftstoffilter

Ein Kraftstoffilter hält Verunreinigungen des Kraftstoffes zurück. Die Qualität des Filters entscheidet über die Lebensdauer der Einspritzpumpe.

Die druckerzeugenden Pumpenelemente der Einspritzpumpe und die Einspritzdüsen sind mit einer Genauigkeit von wenigen Tausendstel Millimeter aufeinander abgestimmt. Dies bedeutet, daß Verunreinigungen im Kraftstoff, welche diese Größe erreichen bzw. den Verschleiß fördern, die Funktion der feinbearbeiteten Teile gefährden können. Eine schlechte Filterung kann deshalb zu Schäden an Pumpenkolben, Druckventilen und Einspritzdüsen führen. Die Folgen eines starken Verschleißes sind:

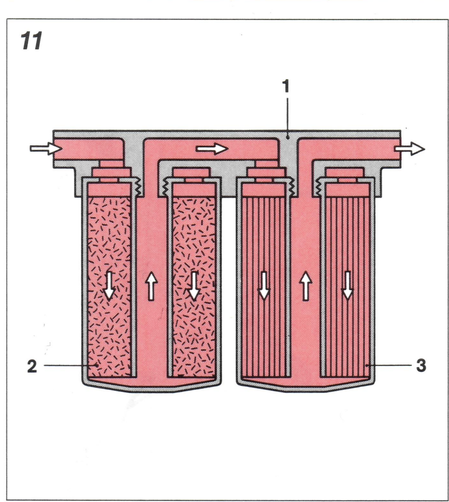
- ungünstige Verbrennung
- hoher Kraftstoffverbrauch
- Rauchbildung
- schlechtes Starten
- unruhiger Leerlauf
- geringere Leistung des Motors.

Die Reinigung des Kraftstoffs ist also von großer Wichtigkeit und muß durch spezielle, den Erfordernissen der Einspritzpumpe angepaßte Filter erfolgen. Nach Art der Verwendung unterscheidet man deshalb Einfachfilter, Stufenfilter und Parallelfilter jeweils mit und ohne Wasserspeicher.
Die Verunreinigungen der Luft gelangen in den meisten Fällen während des Tankens in den Kraftstoff. Außerdem gelangen Staubteilchen durch die Belüftung des Kraftstoffbehälters in den Kraftstoff und durch Temperaturwechsel entsteht Kondenswasser. Dieses Kondenswasser kann bei Kraftstoffiltern mit Wasserspeicher in den vorgesehenen Intervallen abgelassen werden. Bei Kraftstoffiltern ohne Wasserspeicher sammelt sich das Kondenswasser am Gehäuseboden. In diesem Fall wird das Wasser bei einem Filterwechsel entfernt.
Je nach Einsatzgebiet der Einspritzpumpe ist daher ein entsprechendes Kraftstoffilter bzw. Filtereinsatz zu verwenden. Man unterscheidet bei den Filtereinsätzen Filzfilter und Papierfilter. Ihre Porengröße beträgt im Durchschnitt etwa 15 μm (0,015 mm).
Beim Durchgang des Kraftstoffes auf die Reinseite werden die Schmutzteilchen im Filtereinsatz zurückgehalten. Die vorgeschriebenen Wechselintervalle der Filtereinsätze sind daher genau einzuhalten und Arbeiten an der Einspritzanlage sind mit höchster Reinlichkeit durchzuführen.

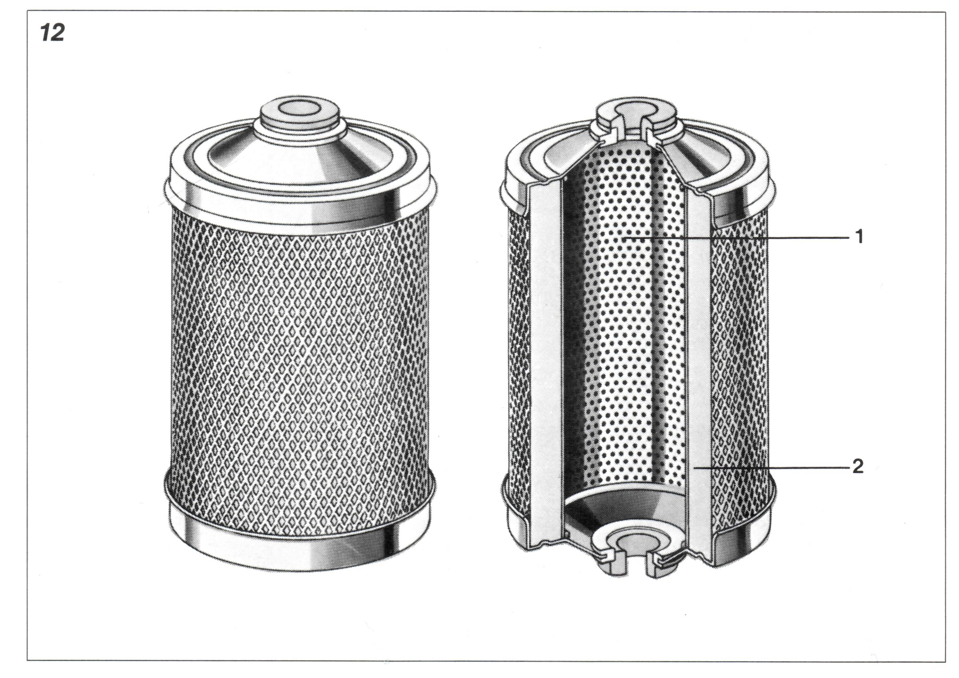
10



11




12




## Einspritzpumpen

### Aufgabe

Das Einspritzen des Kraftstoffs in genau dosierter Menge und zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgt durch die Einspritzausrüstung.

Von der Einspritzpumpe wird der zum Einspritzen des Kraftstoffs benötigte Druck erzeugt und den entsprechenden Zylindern des Dieselmotors zugeführt. Die Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor hängen dabei in entscheidendem Maße davon ab, in welcher Menge und auf welche Weise der Kraftstoff dem Motor zugeführt wird. Die wichtigsten Kriterien sind hierbei:

- Der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung.
- Die Zeitdauer der Kraftstoffeinspritzung.
- Die Verteilung des Kraftstoffs im Verbrennungsraum.
- Der Zeitpunkt des Verbrennungsbeginns.
- Die zugeführte Kraftstoffmenge je Grad Kurbelwinkel.
- Die Gesamtmenge des zugeführten Kraftstoffs entsprechend der Motorbelastung.

Für die einwandfreie Funktion des Dieselmotors müssen diese Kriterien optimal erfüllt werden. In der Praxis übernimmt diese Aufgaben die Einspritzanlage bzw. beeinflußt sie in starkem Maße.

## Druckleitungen

Mit den Druckleitungen wird die Einspritzpumpe mit den Düsenhaltern verbunden. Sie sind ohne scharfe Biegungen verlegt. Ihr Biegeradius darf nicht weniger als 50 mm betragen. Bei Fahrzeugmotoren sind die Druckleitungen meistens mit Klemmstücken, die in definierten Abständen angebracht sind, fixiert. Dadurch wird erreicht, daß äußere Schwingungen nicht, oder nur geringfügig, auf die Druckleitungen einwirken können.
Druckleitungen sind nahtlose Stahlrohre, die je nach Pumpengröße unterschiedliche Abmessungen (Durchmesser) haben können. Achtung! In

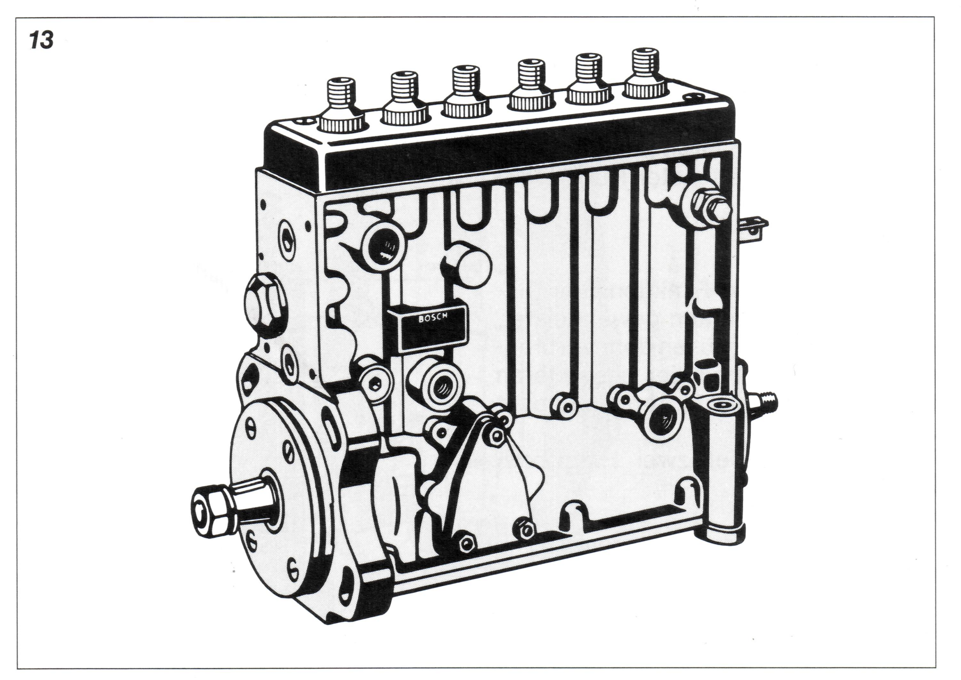





***Bild 10 Kraftstoffilter (Stufenboxfilter).***

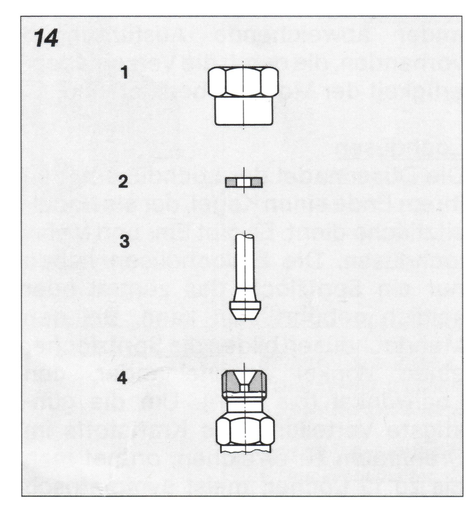
***Bild 11 Kraftstoffilter (Stufenfilter).***
*1 Filterdeckel mit Befestigung, 2 Grobfilter, 3 Feinfilter.*

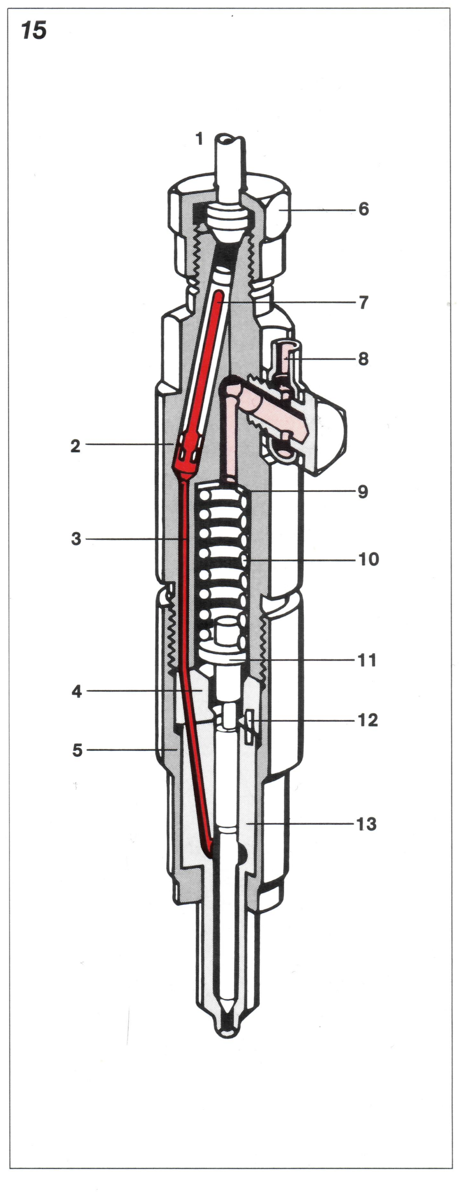
***Bild 12 Filtereinsätze.***
*1 gelochtes Mittelrohr, 2 Filterpapier.*

***Bild 13 Reiheneinspritzpumpe PE..P.***

***Bild 14 Druckleitungsanschluß.***
*1 Überwurfmutter, 2 Dichtscheibe, 3 Rohrdichtkegel, 4 Druckventilhalter.*

***Bild 15 Düsenhalter-Kombination.***
*1 Zulauf, 2 Haltekörper, 3 Druckkanal, 4 Zwischenscheibe, 5 Düsenspannmutter, 6 Überwurfmutter für Druckleitung, 7 Stabfilter, 8 Leckkraftstoffanschluß, 9 Druckeinstellscheiben, 10 Druckfeder, 11 Druckbolzen, 12 Fixierstifte (Fixierung der Düse) 13 Einspritzdüse.*




einer Einspritzanlage sind die Druckleitungen bezüglich Länge, lichter Weite und Wanddicke auf den Einspritzverlauf abgestimmt. Infolgedessen sind die vorgeschriebenen Leitungsabmessungen genau einzuhalten.
Am Druckleitungsende ist der Dichtkegel angebracht, der entweder hart eingelötet oder kalt angestaucht ist.

## Düsenhalter

Der Düsenhalter dient zum Befestigen der Einspritzdüse im Zylinderkopf des Motors. Er stellt die Verbindung zu den Kraftstoffleitungen her und enthält eine Feder, die den Düsenöffnungsdruck bestimmt.

**Aufbau**
Die Düsenhalter-Kombination setzt sich aus Düsenhalter und Einspritzdüse zusammen. Der Düsenhalter besteht aus Haltekörper, Zwischenscheibe und Düsenspannmutter sowie aus Druckbolzen, Druckfeder, Druckeinstellscheiben und Fixierstiften (nicht bei Zapfendüsen).
Die Einspritzdüse wird mit der Düsenspannmutter zentrisch im Haltekörper befestigt. Beim Zusammenschrauben von Haltekörper und Düsenspannmutter wird die Zwischenscheibe gegen die Planfläche des Haltekörpers gepreßt. Druckbolzen, Druckfeder und Druckeinstellscheiben befinden sich im Haltekörper. Hierbei wird die Druckfeder von dem Druckbolzen geführt. Die Führung des Druckbolzens erfolgt durch die Düsennadel.
Im Haltekörper führt der Druckkanal zur Zulaufbohrung des Düsenkörpers und verbindet so die Düse mit der Druckleitung der Einspritzpumpe. Je nach Einsatzgebiet des Düsenhalters kann im Druckkanal des Haltekörpers ein Stabfilter eingebaut sein.

**Arbeitsweise**
Die Druckfeder im Haltekörper drückt über den Druckbolzen auf die Düsennadel. Die Vorspannung dieser Feder bestimmt den Öffnungsdruck der Einspritzdüse. Der Öffnungsdruck wird mittels Druckeinstellscheiben eingestellt. Über die jeweilige Zulaufbohrung in Haltekörper, Zwischenscheibe und Einspritzdüse gelangt der Kraftstoff zum Düsensitz. Beim Einspritzvorgang wird durch den Einspritzdruck die Düsennadel angehoben und der Kraftstoff strömt durch das Sackloch und die Spritzlöcher in den Brennraum. Nach Abfall des Einspritzdruckes drückt die Feder die Düsennadel auf ihren Sitz zurück. Die Einspritzung ist beendet.

## Einspritzdüsen

Die Einspritzdüse spritzt den Kraftstoff in den Verbrennungsraum. Sie wird vom Kraftstoffdruck gesteuert, der beim Nutzhub der Einspritzpumpe entsteht.

### Allgemeines

Der von der Einspritzpumpe unter hohem Druck geförderte Kraftstoff wird über die Einspritzdüse in den Verbrennungsraum des Motors gespritzt. Die Einspritzdüse besteht aus dem Düsenkörper und der Düsennadel. Sie sind mit einer Feinstpassung (2...4 µm) aufeinander eingepaßt und dürfen deshalb nur als eine Einheit verwendet werden.
Eingebaut wird die Einspritzdüse mit einem Düsenhalter in den Zylinderkopf des Motors.

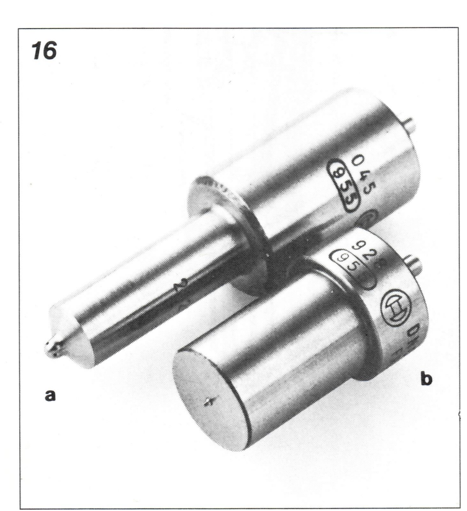



***Bild 16 Einspritzdüsen.***
*a Lochdüse, b Zapfendüse.*

### Arbeitsweise

Der von der Einspritzpumpe erzeugte Kraftstoffdruck wirkt in der Druckkammer auf die Druckschulter der Düsennadel. Ist der Kraftstoffdruck höher als die Gegenkraft der Druckfeder im Düsenhalter, so wird die Düsennadel von ihrem Sitz abgehoben. Düsenbohrung bzw. Düsenbohrungen sind geöffnet und der Kraftstoff wird in den Verbrennungsraum eingespritzt. Der Düsenöffnungsdruck wird von der (einstellbaren) Vorspannung der Druckfeder im Düsenhalter bestimmt. Den Hub der Nadel begrenzt die Schulter am Übergang vom Nadelschaft zum Druckzapfen.
Der Kraftstoff legt beim Einspritzen folgenden Weg zurück: Druckleitung – Zulaufbohrung (über Ringnut) – Druckkammer – Spritzlöcher der Einspritzdüse – Verbrennungsraum. Der entlang der Düsennadel durchleckende Kraftstoff fließt über den Leck-Anschluß am Düsenhalter und durch die Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter zurück.
Nachdem die von der Einspritzpumpe geförderte Menge eingespritzt ist, drückt die Druckfeder die Düsennadel über den Druckbolzen und den Druckzapfen wieder auf ihren Sitz. Die Düse ist damit bis zum nächsten Hub wieder geschlossen.

### Bauarten

Eine einwandfreie Funktion des Dieselmotors ist nur dann gewährleistet, wenn die Einspritzdüsen dem Verbrennungsverfahren und der besonderen Charakteristik des Motors angepaßt sind.
Man unterscheidet zwei Hauptbauarten:

- Lochdüsen
  für Direkt-Einspritzmotoren
- Zapfendüsen
  für Vorkammer- und Wirbelkammermotoren.

Innerhalb dieser beiden Hauptbauarten sind jedoch zahlreiche voneinander abweichende Ausführungen vorhanden, die durch die Verschiedenartigkeit der Motoren bedingt sind.

#### Lochdüsen

Die Düsennadel der Lochdüse hat an ihrem Ende einen Kegel, der als Nadelsitzfläche dient. Es gibt Ein- und Mehrlochdüsen. Die Einlochdüsen haben nur ein Spritzloch, das zentral oder seitlich gebohrt sein kann. Bei den Mehrlochdüsen bilden die Spritzlöcher einen Winkel gegeneinander, den Lochwinkel (bis 180°). Um die günstigste Verteilung des Kraftstoffs im Brennraum zu erreichen, ordnet man bis zu 12 Löcher, meist symmetrisch an. Lochdurchmesser und Lochlänge beeinflussen die Form und Eindringtiefe des Strahls. Die üblichen Düsenausführungen werden mit Spritzlochdurchmessern von 0,2 mm in Stufen von je 0,02 mm ansteigend gefertigt. Der Düsenöffnungsdruck liegt meist zwischen 150 und 250 bar (Bild 18).

#### Gekühlte Lochdüsen

Bei Großmotoren mit niedriger Vollastdrehzahl und daher langsamem Gaswechsel, oder bei hochaufgeladenen Motoren, ist die Einspritzdüse der Verbrennungswärme länger ausgesetzt. Damit die Betriebstemperatur der Einspritzdüsen nicht zu hoch wird, verwendet man für solche Motoren Lochdüsen mit Fremdkühlung.
Im Düsenkörper dieser Düsen ist eine Bohrung für den Kraftstoffzulauf, zwei andere dienen für den Kühlmittelzulauf und -ablauf. Das untere Ende des Düsenkörpers hat ein zweigängiges Gewinde, das gegen außen mit einem Kühlmantel abgeschlossen ist. Das Kühlmittel tritt aus dem Zuflußkanal des Düsenhalters in die Zuflußbohrung der Düse, von hier durch den einen Gang des zweigängigen Gewindes in

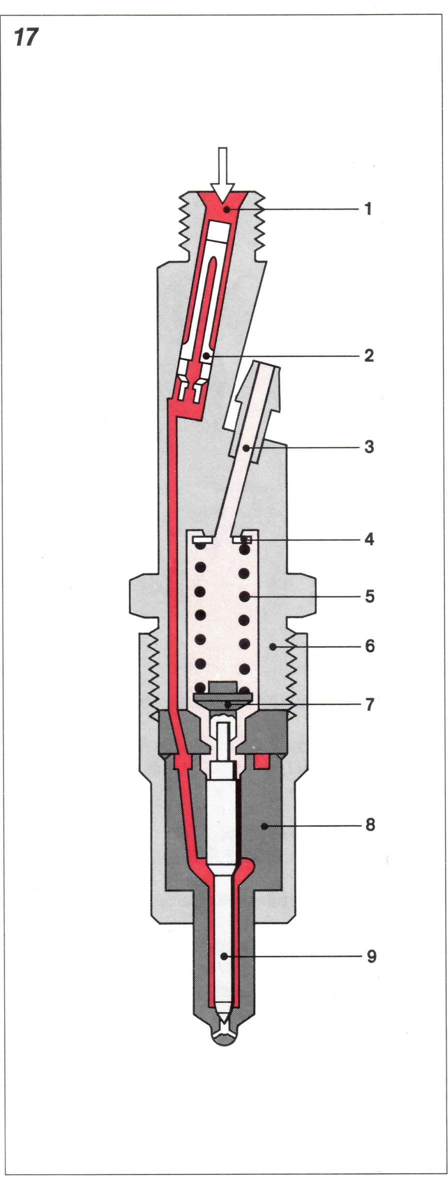
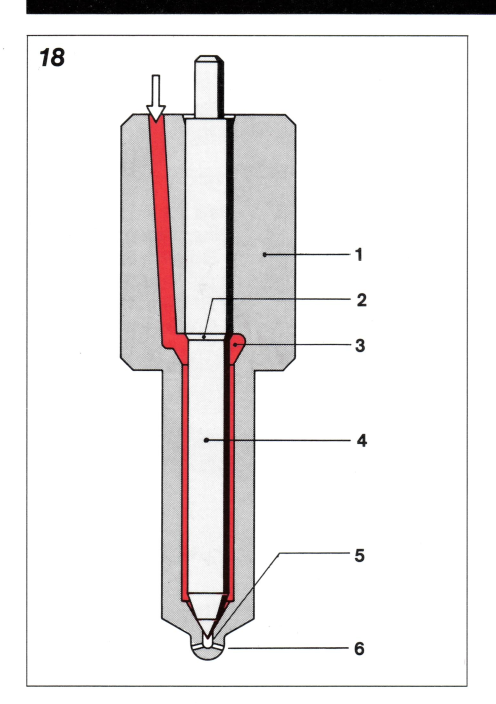


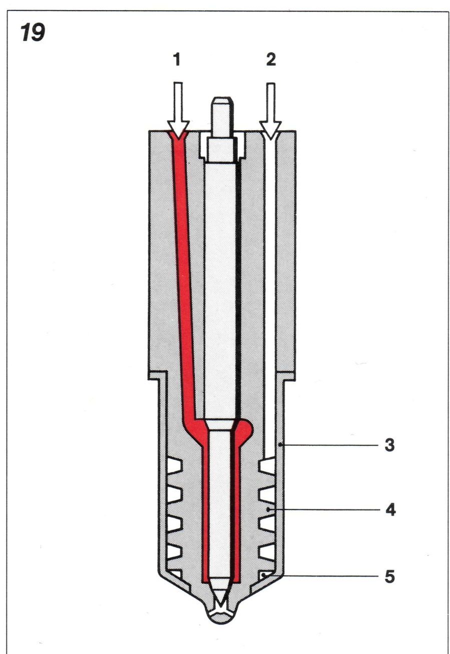

***Bild 17 Einspritzdüse mit Düsenhalter.***
*1 Kraftstoffzufluß, 2 Stabfilter, 3 Kraftstoffrücklauf, 4 Einstellscheibe, 5 Druckfeder, 6 Haltekörper, 7 Druckbolzen, 8 Düsenkörper, 9 Düsennadel.*

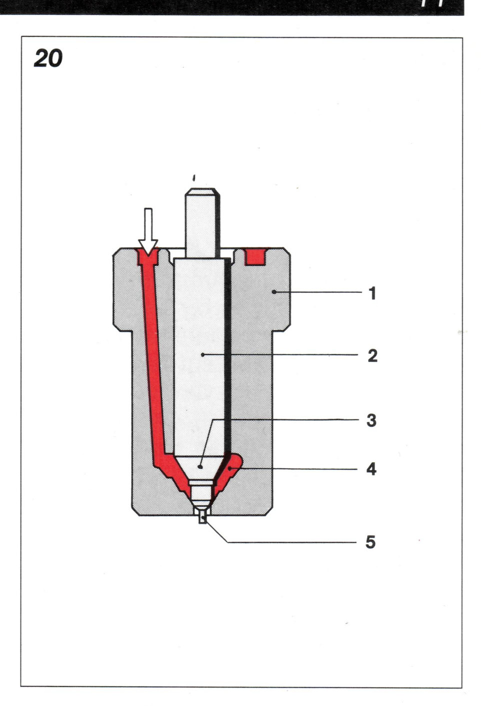
den Ringraum und wird von da durch den anderen Gang des Gewindes und die Abflußbohrung in den Abflußkanal des Düsenhalters gedrückt.
Als Kühlmittel können Öl sowie Öl-Wasser-Emulsionen, die Stahl nicht angreifen, verwendet werden.

#### Zapfendüsen

Die Zapfendüsen werden in Vorkammer- und Wirbelkammermotoren verwendet. Die Aufbereitung des Kraftstoffs vollzieht sich in diesen Motoren hauptsächlich durch die Wirbelarbeit der Luft, unterstützt durch eine geeignete Gestalt des Einspritzstrahls. Der Düsenöffnungsdruck liegt bei Zapfendüsen meist zwischen 110 und 135 bar.
Die Düsennadel der Zapfendüse hat an ihrem einen Ende einen besonders ausgebildeten Spritzzapfen, der mit geringem Spiel in das Spritzloch des Düsenkörpers hineinragt. Durch verschiedene Abmessungen und die Ausbildung der Zapfen läßt sich der Ein-



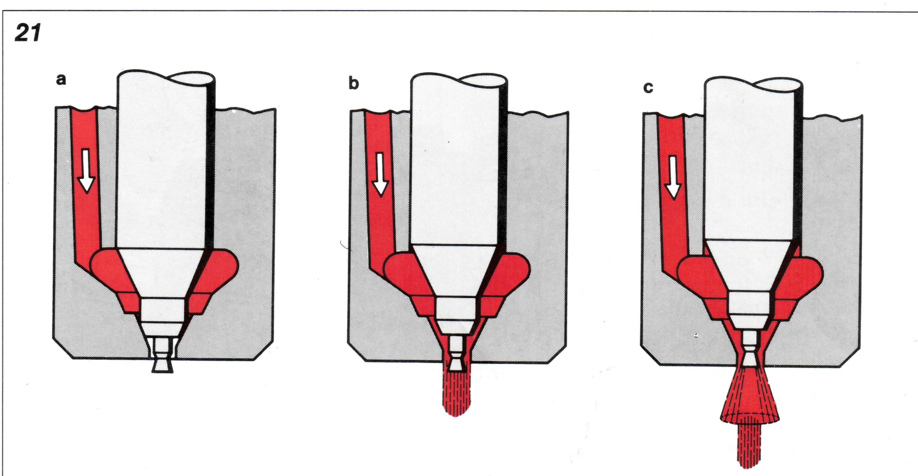



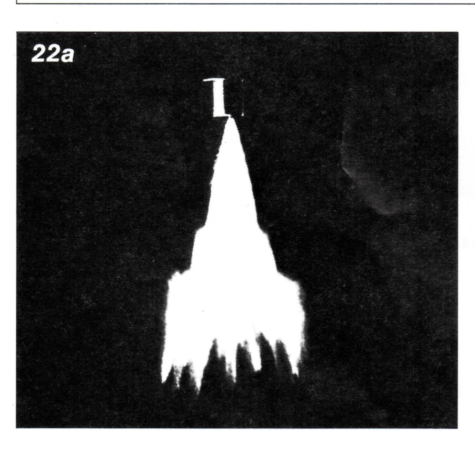

***Bild 18 Schnittbild Lochdüse.***
*1 Düsenkörper, 2 Druckschulter, 3 Druckkammer, 4 Düsennadel, 5 Sackloch, 6 Spritzlöcher,*

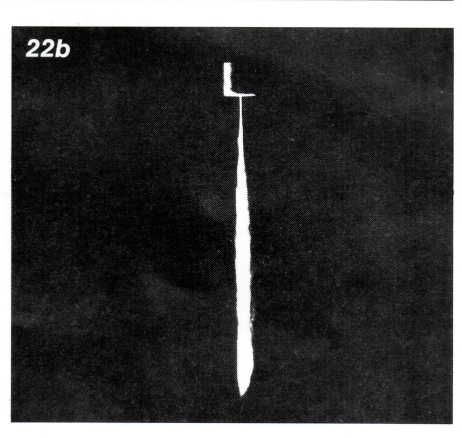
***Bild 19 Schnittbild Lochdüse, gekühlt.***
*1 Kraftstoffzulauf, 2 Kühlmittelzulauf, 3 Kühlmantel, 4 Zweigängiges Gewinde, 5 Ringraum.*

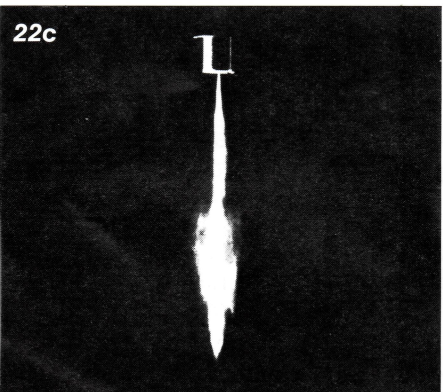
***Bild 20 Schnittbild Zapfendüse.***
*1 Düsenkörper, 2 Düsennadel, 3 Druckschulter, 4 Druckkammer, 5 Spritzzapfen.*

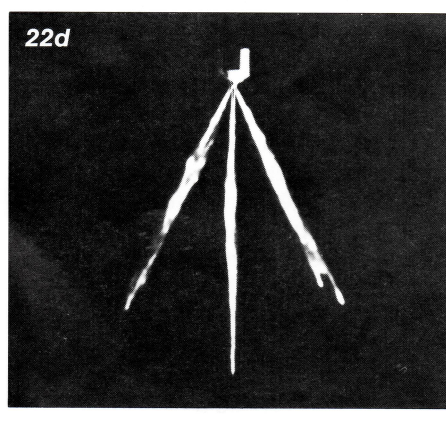
***Bild 21 Drosselzapfendüse, Spritzcharakteristik.***
*a geschlossen, b wenig geöffnet (Vorstrahl), c voll geöffnet (Hauptstrahl).*

***Bild 22 Strahlbilder spritzender Düsen.***
*a und b Zapfendüse, c Drosselzapfendüse, d Lochdüse.*




spritzstrahl entsprechend den Erfordernissen verändern. Zusätzlich wird durch den Zapfen das Spritzloch von Ablagerungen freigehalten.

Drosselzapfendüsen

Eine Zapfendüse mit besonderen Zapfenabmessungen ist die Drosselzapfendüse. Durch die Form ihres Spritzzapfens wird eine Voreinspritzung erreicht. Die Düsennadel gibt beim Öffnen zunächst nur einen sehr engen Ringspalt frei, der nur wenig Kraftstoff durchläßt (Drosselwirkung). Beim weiteren Öffnen (durch Druckanstieg hervorgerufen) wird der Durchflußquerschnitt größer, und erst gegen Ende des Nadelhubs wird der Hauptanteil eingespritzt. Mit der Drosselzapfendüse wird die Verbrennung und damit der Motorlauf weicher, weil der Druck im Brennraum langsamer ansteigt. Durch die Spritzzapfenform, zusammen mit der Charakteristik der Druckfeder (im Düsenhalter) und dem Spiel im Drosselspalt, wird die gewünschte Drosselwirkung erreicht.

# Reiheneinspritzpumpen

## Allgemeines

Die Reiheneinspritzpumpen vom Typ PE und PES besitzen für jeden Motorzylinder ein Pumpenelement. Jedes Pumpenelement besteht aus Pumpenkolben und Pumpenzylinder. Die zeitliche Steuerung der Kraftstoffzuführung erfolgt durch die Nockenwelle. Für den Einsatz am Motor ist jedoch in der Regel ein Einspritzaggregat notwendig. Als komplette Einheit gesehen setzt es sich wie folgt zusammen:

- Einspritzpumpe für die Erzeugung des Einspritzdruckes
- mechanischer Drehzahlregler zur Regelung der Motordrehzahl
- Spritzversteller zur drehzahlabhängigen Verstellung des Einspritzbeginns
- mechanische Förderpumpe zur Ansaugung und Förderung des Kraftstoffs vom Kraftstoffbehälter zum Saugraum der Einspritzpumpe.

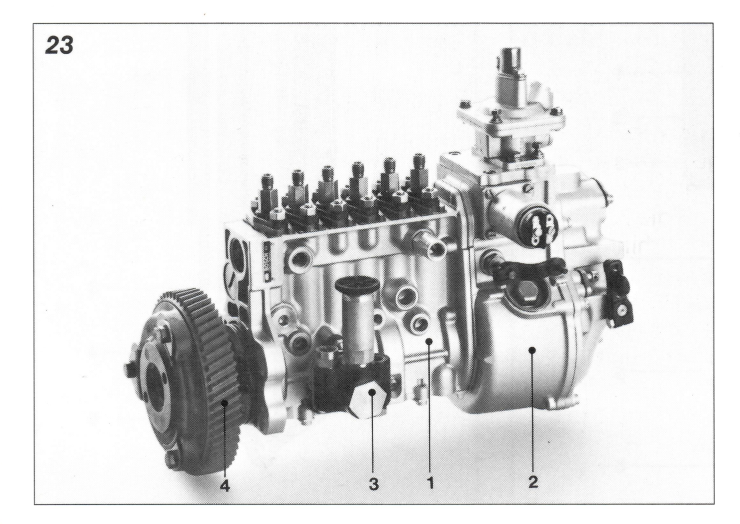



***Bild 23***
***Einspritzaggregat.***
*1 Einspritzpumpe,*
*2 Drehzahlregler,*
*3 Förderpumpe,*
*4 Spritzversteller.*

## Antrieb der Einspritzpumpe

Die Pumpenkolben der Reiheneinspritzpumpen PE werden durch eine eigene Nockenwelle angetrieben (E = eigene Nockenwelle).

Die Nockenwelle der Einspritzpumpe wird von dem Dieselmotor angetrieben. Bei Zweitaktmotoren entspricht die Pumpendrehzahl der Kurbelwellendrehzahl, bei Viertaktmotoren beträgt die Pumpendrehzahl die Hälfte der Kurbelwellendrehzahl. In diesem Fall wird die Pumpe mit Nockenwellendrehzahl angetrieben.
Die Verbindung zwischen der Nockenwelle der Einspritzpumpe und der Antriebseinrichtung des Motors muß über drehsteife Kupplungselemente erfolgen, um die Einspritzzeit gleichlaufend mit der Kurbelwellenstellung zu gewährleisten. Zur Anwendung für die Übertragung von Drehmoment und Drehzahl gelangen Zahnräder, Steckkupplungen, Zahnriemen und Steuerketten. Welche Antriebseinrichtung verwendet wird, ist von der Konstruktion des Motors abhängig.

## Aufbau

Bei den Reiheneinspritzpumpen ist die Nockenwelle in einem Aluminium-Druckgußgehäuse integriert. Sie wird über eine Kupplungseinheit, einen Spritzversteller oder direkt mit der Antriebseinrichtung des Motors gekoppelt. Über dem Nocken der Nockenwelle befindet sich der Rollenstößel mit Federteller. Durch den Federteller ist der Pumpenkolben mit dem Rollenstößel kraftschlüssig verbunden. Geführt wird der Pumpenkolben von dem Pumpenzylinder. Pumpenkolben und Pumpenzylinder werden auch als Pumpenelement bezeichnet. Im Pumpenzylinder befinden sich eine oder zwei Zulaufbohrungen, die mit dem Saugraum der Einspritzpumpe verbunden sind. Über dem Pumpenelement befindet sich der Druckventilhalter mit Druckventil. Zur Regelung der Fördermenge ist der Pumpenkolben mit der Regelhülse formschlüssig verbunden. Sie stellt außerdem die Verbindung mit der Regelstange her. Über diese Einrichtung wird der Pumpenkolben von der Regelstange verdreht und damit die Fördermenge von Stop bis Vollast reguliert.

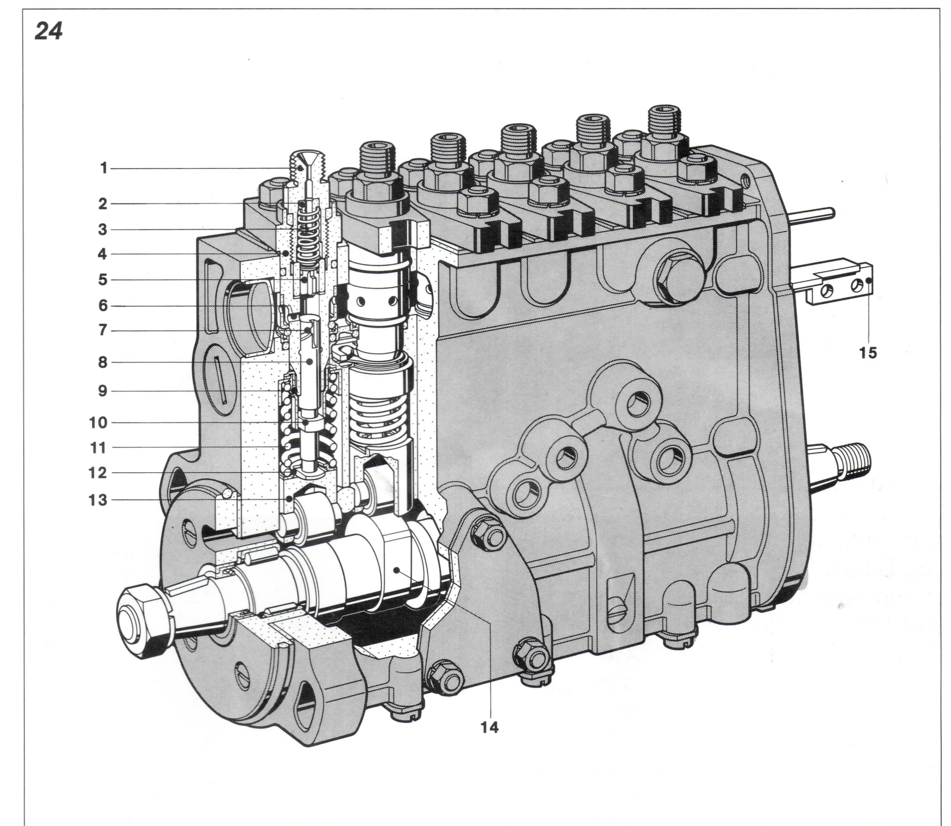



***Bild 24 Reiheneinspritzpumpe Typ PES.***
*1 Druckventilhalter, 2 Füllstück, 3 Druckventilfeder, 4 Pumpenzylinder, 5 Druckventil, 6 Saug- und Steuerbohrung, 7 Steuerkante, 8 Pumpenkolben, 9 Regelbuchse, 10 Kolbenfahne, 11 Kolbenfeder, 12 Federteller, 13 Rollenstößel, 14 Nocken, 15 Regelstange.*

## Betätigung der Pumpenelemente

In der Einspritzpumpe wird durch den Rollenstößel die Drehbewegung der Nockenwelle in eine Hubbewegung umgewandelt. Hierbei dreht sich die Rolle des Rollenstößels auf einer definierten Nockenbahn, wodurch der Rollenstößel eine Hubbewegung ausführt. Die OT-Bewegung bewerkstelligt der Nocken, für die UT-Bewegung des Rollenstößels sorgt die Kolbenfeder. Sie ist es auch, die verhindert, daß der Rollenstößel infolge der hohen Beschleunigung von der Nockenbahn abhebt. Die Anordnung der Nocken, d. h. die Winkelversetzung von Nocken zu Nocken, ist so konstruiert, daß die Einspritzfolge mit der Zündfolge des Motors übereinstimmt.

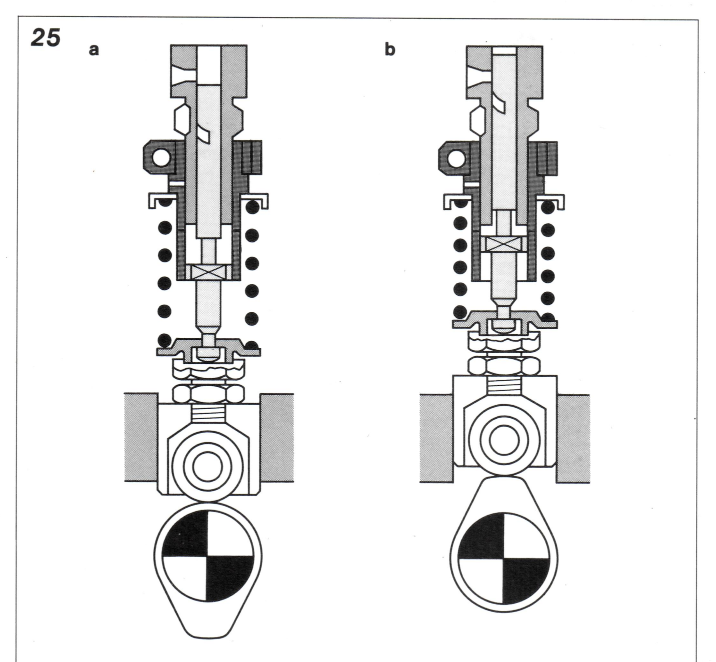



**Bild 25**
**Antrieb der Pumpenelemente.**
*a UT-Stellung,*
*b OT-Stellung.*

Nockenformen

Neben ihrer Funktion zum Antrieb des Pumpenkolbens beeinflußt die Nockenform die Dauer der Einspritzung, die Pumpenleistung und die Geschwindigkeit der Förderung. Die hierbei entscheidenden Kriterien des Einspritzpumpennockens sind Nockenhub und Erhebungsgeschwindigkeit (entspricht der Kolbengeschwindigkeit) relativ zum Nockenwinkel. In dem Bild 26 ist der Hubverlauf und die Kolbengeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Nockenwinkel aufgezeigt.

Um bei dem Einspritzvorgang eine kurze Spritzdauer zu erreichen, wird nur der mittlere Teil des Nockens, wo die Erhebungsgeschwindigkeit groß ist, ausgenützt. Die Einspritzung ist beendet, bevor die Erhebungsgeschwindigkeit ihr Maximum erreicht hat. Dies ist notwendig, damit die Flächenpressung zwischen Rollenstößel und Nocken einen bestimmten Wert nicht überschreiten kann. Aus diesem Grund wird bei dem Einspritzvorgang ein Sicherheitsabstand von 0,3 mm eingehalten. Man begrenzt somit die Materialbelastung auf den dafür zugelassenen Wert. Für den praktischen Einsatz gibt es Nockenformen in verschiedenen Ausführungen. Dies ist notwendig, da unterschiedliche Brennraumformen und Verbrennungsverfahren individuelle Einspritzbedingungen verlangen. Aus diesem Grund wird für den jeweiligen Motortyp eine spezielle Abstimmung des Einspritzvorganges vorgenommen. Ausgehend von Standard-Nockenformen können Abarten rechnerisch festgelegt werden, um einen möglichst optimalen Einspritzverlauf und höchste Druckbelastung zuzulassen. Somit kann also jede Nockenwelle mit der entsprechenden Nockenform versehen werden. Zum Einsatz kommen symmetrische (Bild 26a), unsymmetrische (Bild 26b), und rücklaufsichere (Bild 26c) Nockenformen. Rücklaufsicher bedeutet, daß der Motor nicht in entgegengesetzter Drehrichtung gestartet werden kann. Welche Nockenform zur Anwendung gelangt, ist von Pumpentyp, Motorkonzeption und dessen Einsatzgebiet abhängig.

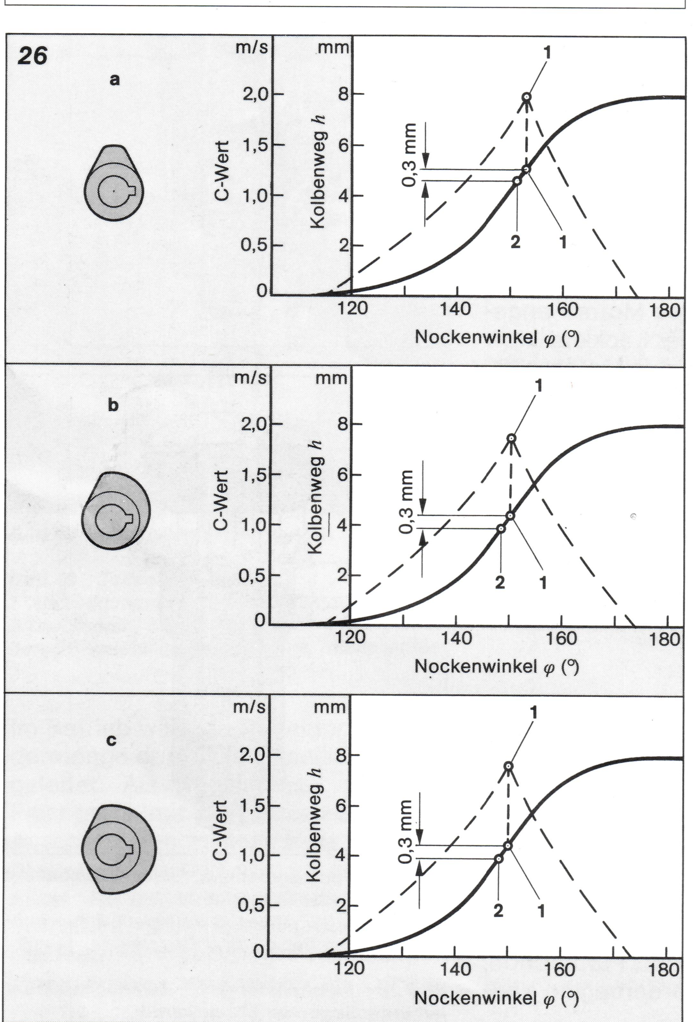



**Bild 26**
**Nockenformen.**
*a symmetrische Nockenform,*
*b unsymmetrische Nockenform,*
*c rücklaufsichere Nockenform,*
*—— Kolbenweg,*
*– – – Kolbengeschwindigkeit,*
*1 Übergangspunkt zum kleinen Nockenradius,*
*2 maximales Förderende.*

## Pumpenelement

Die Pumpenelemente arbeiten nach dem Überströmprinzip mit Schrägkantensteuerung.

Pumpenkolben und Pumpenzylinder bilden zusammen das Pumpenelement. Der Pumpenkolben ist so fein in den Pumpenzylinder eingepaßt, daß er auch bei sehr hohen Drücken und niedrigen Drehzahlen abdichtet. Hierzu werden keine zusätzlichen Dichtungselemente gebraucht. Geringe Leckverluste sind mit Rücksicht auf die Schmierung der Kolben notwendig.
Der Pumpenkolben hat außer einer Längsnut seitlich eine Ausfräsung. Die entstehende Schrägkante an der Kolbenwand wird als Steuerkante bezeichnet.
Im Zylinder sind ein oder zwei Bohrungen für den Kraftstoffzulauf und die Absteuerung angeordnet.
Wegen der genauen Zuordnung von Pumpenkolben und Pumpenzylinder dürfen nur vollständige Pumpenelemente ausgewechselt werden, keinesfalls Kolben oder Zylinder allein.

### Pumpenelement mit Leckrückführung

Ist die Einspritzpumpe an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen, so führt der Leckkraftstoff zu einer Verdünnung des Motorenöls. Um dies zu vermeiden, verwendet man Elemente mit einer Leckrückführung zum Saugraum. Hierzu befindet sich im Pumpenzylinder eine Ringnut, die durch eine Bohrung mit dem Saugraum der Einspritzpumpe verbunden ist. Der Leckkraftstoff entspannt sich in dieser Nut und fließt in den Saugraum zurück.

### Varianten

Für spezielle Anforderungen wie Geräuschminderung oder abgasbeeinflussende Maßnahmen kann es notwendig sein, den Förderbeginn lastabhängig zu verändern. Hierzu werden Pumpenkolben verwendet, die zusätzlich zu der untenliegenden Steuerkante über eine obenliegende Steuerkante verfügen. Bei diesen Pumpenkolben kann nicht nur das Förderende, sondern auch der Förderbeginn variiert werden.
Um das Startverhalten einiger Motortypen zu verbessern, werden spezielle Pumpenkolben verwendet, die über eine zusätzliche Ausfräsung an der Oberkante, die Startnut, verfügen. Diese Nut ist nur in der Startstellung der Pumpenkolben wirksam und ergibt einen um 5...10° späteren Förderbeginn, auf die Kurbelwellenstellung bezogen.

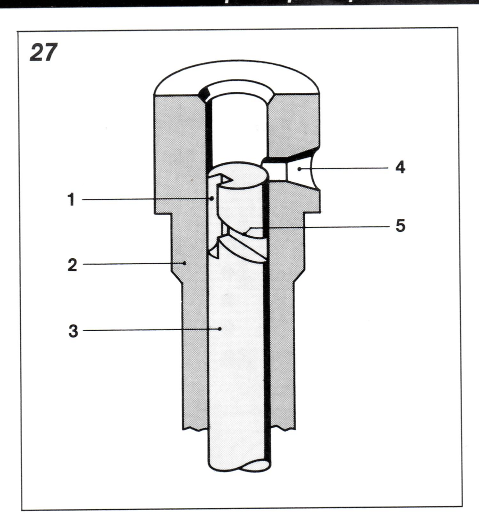



**Bild 27 Pumpenelement, Einlochelement mit untenliegender Steuerkante.**
*1 Längsnut, 2 Zylinder, 3 Kolben, 4 Steuerbohrung (Zu- und Rücklauf), 5 Steuerkante.*

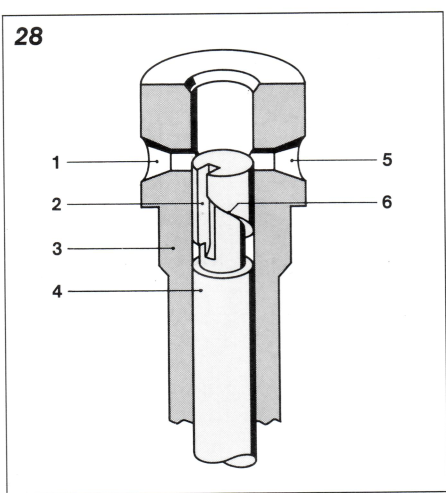



**Bild 28 Pumpenelement, Zweilochelement mit untenliegender Steuerkante.**
*1 Zulaufbohrung, 2 Längsnut, 3 Zylinder, 4 Kolben, 5 Steuerbohrung (Zu- und Rücklauf), 6 Steuerkante.*

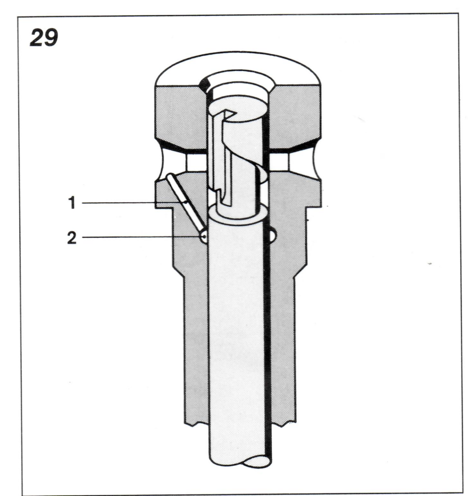



**Bild 29 Pumpenelement mit Leckrückführung.**
*1 Leckrückführung, 2 Ringnut.*

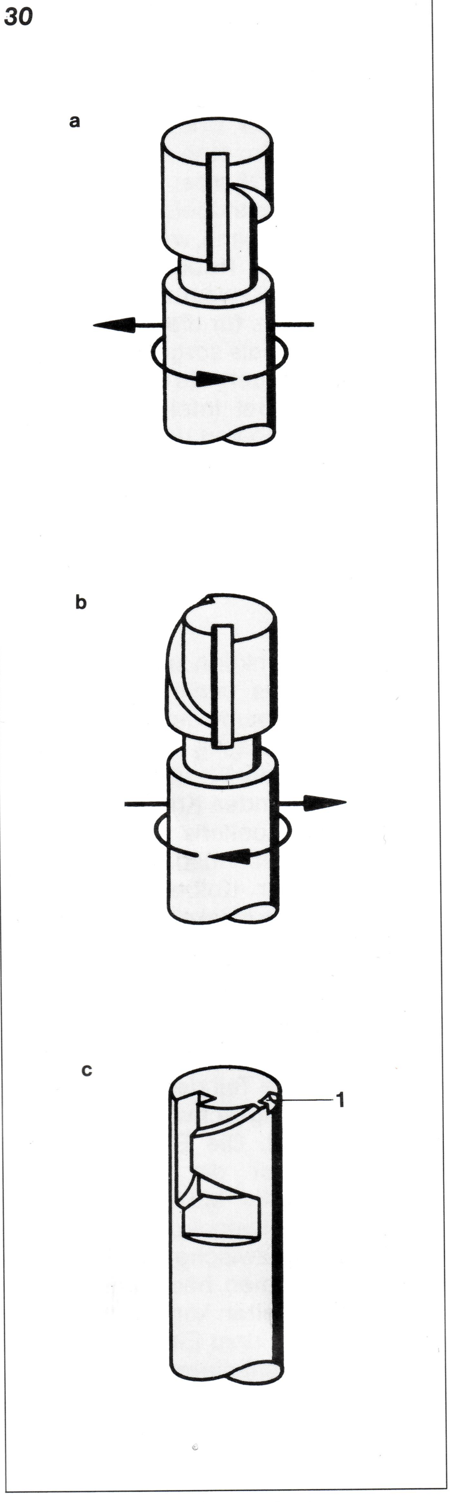



**Bild 30 Pumpenkolbenvarianten.**
*a Steuerkante untenliegend, b Steuerkante obenliegend, c Steuerkante unten- und obenliegend; 1 Startnut.*

## Kraftstoffzumessung

Die Kraftstoffförderung von Einspritzpumpen ist ein dynamischer Vorgang. Sie setzt sich aus mehreren Hubphasen zusammen. Der zum Einspritzen notwendige Druck wird von der Kolbenpumpe erzeugt.

In der untersten Kolbenstellung (UT) sind die Zulaufbohrungen von dem Pumpenkolben freigegeben. Durch die Zulaufbohrungen strömt der unter dem Förderpumpendruck stehende Kraftstoff von dem Saugraum in den Hochdruckraum. Der aufwärtsgehende Pumpenkolben verschließt die Zulaufbohrungen. Man bezeichnet diese Phase des Kolbenhubes als Vorhub. Im weiteren Verlauf der Hubbewegung wird der Kraftstoffdruck erhöht. Dadurch wird das Druckventil bereits etwas von seinem Ventilsitz abgehoben, ohne jedoch ganz zu öffnen. Diese an den Vorhub anschließende Hubphase bezeichnet man als Entlastungshub. Nach dem Entlastungshub folgt der eigentliche Nutzhub. (Veränderung des Nutzhubes siehe Seite 16.) Der durch die Hubbewegung erzeugte Druck im Hochdruckraum öffnet das Druckventil nun vollständig und der Kraftstoff strömt durch die Druckleitung zum Düsenhalter und zur Einspritzdüse. Beendet ist der Nutzhub, wenn die Steuerkante des Pumpenkolbens die Steuerbohrung bzw. Zulaufbohrung freigibt. Von diesem Zeitpunkt an wird kein Kraftstoff mehr zur Einspritzdüse gefördert. Der Kraftstoff wird nun durch die bestehende Verbindung, realisiert durch die Längsnut, zwischen Druckraum A und Saugraum B, während der Kolbenbewegung bis zum oberen Totpunkt (OT), dem Resthub, in den Saugraum B zurückgedrückt.
Nach der Bewegungsumkehr im oberen Totpunkt fließt zunächst der Kraftstoff durch die Längsnut in den Pumpenzylinder zurück, bis die Steuerkante den Zulauf wieder verschließt. Bei weiterem Kolbenrücklauf entsteht im Pumpenzylinder ein Unterdruck. Erst nach Freigabe der Zulaufbohrungen durch die Kolbenoberkante strömt der unter dem Förderpumpendruck stehende Kraftstoff vom Saugraum in den Hochdruckraum. Der Hochdruckraum oberhalb des Pumpenkolbens wird erneut mit Kraftstoff gefüllt. Die einzelnen Hub- und Förderphasen zeigt Bild 31.

***Bild 31 Kolbenhubphasen.***

| unterer Totpunkt Kraftstoffzulauf | Vorhub | Entlastungshub | Nutzhub | Resthub | oberer Totpunkt |
|---|---|---|---|---|---|
| Kraftstoff fließt vom Saugraum der Einspritzpumpe in den Hochdruckraum des Pumpenelements | Hubbewegung des Pumpenkolbens vom unteren Totpunkt bis zum Verschluß der Zulaufbohrungen durch die Kolbenoberkante (wählbar je nach Pumpenelement) | Hubbewegung des Pumpenkolbens vom Ende des Vorhubes bis zum Öffnen des Druckventils | Hubbewegung des Pumpenkolbens vom Öffnen des Druckventils bis zum Öffnen der Zulaufbohrung durch die Steuerkante (Überlauf) | Hubbewegung des Pumpenkolbens vom Öffnen der Zulaufbohrung (Förderende) bis zum oberen Totpunkt | Bewegungsumkehr des Pumpenkolbens |

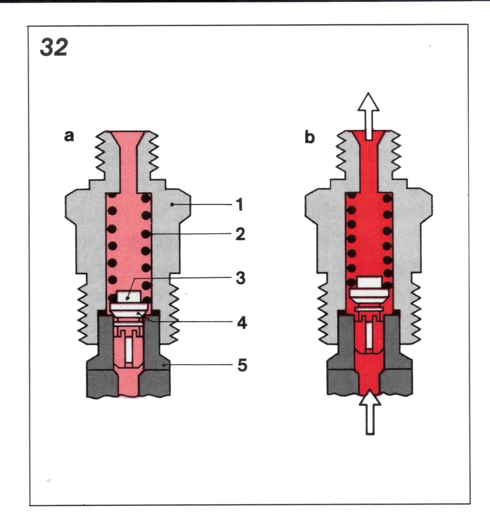
## Druckventil

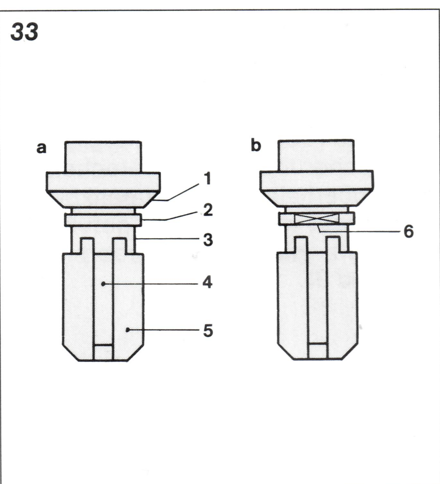
Das Druckventil entlastet die Druckleitung und hält einen Restdruck in der Druckleitung aufrecht.

Das Druckventil hat die Aufgabe, die Druckleitung von dem Hochdruckkreis zu trennen und die Druckleitung zu entlasten.
Beim Fördervorgang wird durch den entstehenden Druck im Hochdruckraum das Druckventil von seinem Ventilsitz abgehoben. Der Kraftstoff wird über den Druckventilhalter und die Druckleitung zur Einspritzdüse gefördert. Sobald die Steuerkante des Pumpenkolbens den Einspritzvorgang absteuert, sinkt der Druck im Hochdruckraum. Infolgedessen drückt die Ventilfeder das Druckventil auf seinen Sitz zurück. Dadurch sind Einspritzkreis und Hochdruckkreis bis zum nächsten Förderhub getrennt.
Ein Teil des Ventilschaftes ist als Kolben geformt und in die Ventilführung eingeschliffen. Beim Absteuern taucht zunächst dieser Entlastungskolben in die Ventilführung ein und schließt damit die Druckleitung gegen den über dem Pumpenkolben liegenden Druckraum ab. Dabei vergrößert sich das dem Kraftstoff in der Druckleitung zur Verfügung stehende Volumen um das Hubvolumen des Entlastungskolbens. Das Entlastungsvolumen ist auf die Länge der Druckleitung abgestimmt. Die Länge der Druckleitung darf deshalb nicht geändert werden.
Zur Erzielung eines gewünschten Fördermengenverlaufes werden in Sonderfällen Angleichventile verwendet. Sie haben an dem Entlastungskolben einen zusätzlichen Anschliff. Bild 33 zeigt ein Ausführungsbeispiel.

## Rückströmdrossel

Die Rückströmdrossel kann zusätzlich zu dem Druckventil in den Druckventilhalter eingebaut werden. Sie ist hierbei so angeordnet, daß sie sich zwischen Druckventil und Einspritzdüse befindet. Mit ihr können im Hochdrucksystem Verschleißerscheinungen, die durch schnellströmende Flüssigkeiten und schnelle Druckänderungen entstehen (Kavitation), verringert werden. Während der Kraftstoffförderung ist der Kraftstoffdruck so hoch, daß die Ventilplatte entgegen der Federkraft überdrückt ist und der Kraftstoff ungehindert zur Einspritzdüse strömen kann. Am Ende des Nutzhubes wird durch das Schließen der Düsennadel eine Druckwelle entgegen der Förderrichtung ausgelöst. Dies kann zur Kavitation führen. Gleichzeitig drückt die Druckfeder die Ventilplatte auf ihren Sitz zurück und der Kraftstoff muß durch den Drosselquerschnitt zurückfließen, wodurch die Druckwelle gedämpft und unschädlich gemacht wird.



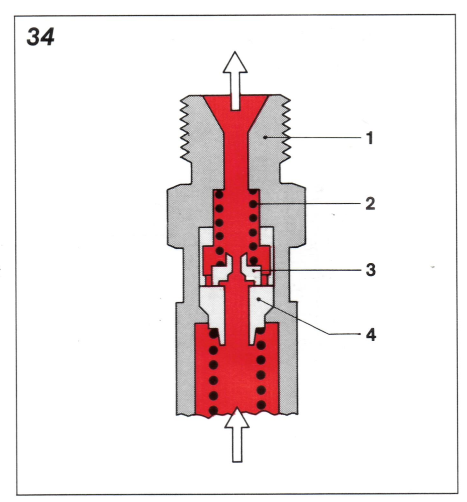




**Bild 32 Druckventilhalter mit Druckventil.**
*a geschlossen, b bei Förderung; 1 Druckventilhalter, 2 Druckventilfeder, 3 Druckventil, 4 Ventilsitz, 5 Ventilträger.*

**Bild 33 Druckventil.**
*a Druckventil, b Angleichventil; 1 Ventilkegel, 2 Entlastungskolben, 3 Ringnut, 4 Schaft, 5 Längsnut, 6 Anschliff.*

**Bild 34 Druckventilhalter mit Rückströmdrossel.**
*1 Druckventilhalter, 2 Druckventilfeder, 3 Ventilplatte, 4 Ventilträger.*

## Veränderung der Fördermenge

Die Fördermenge wird durch Verändern des Nutzhubes gesteuert. Dies erfolgt durch den Drehzahlregler über die Regelstange.

Die von einem Dieselmotor abgegebene Leistung hängt u. a. von der eingespritzten Kraftstoffmenge ab. Infolgedessen muß die Reiheneinspritzpumpe eine Einrichtung besitzen, mit der die Kraftstoffmenge der Belastung des Motors im Rahmen des Leistungsbereiches angepaßt werden kann. Wie in den vorherigen Kapiteln erwähnt, arbeitet die Reiheneinspritzpumpe mit konstantem Hub der Pumpenkolben. Der Zeitpunkt des Förderendes und damit der Fördermenge wird durch Verdrehen des Pumpenkolbens gesteuert, d. h. der Nutzhub wird verändert. Der Pumpenkolben besitzt zu diesem Zweck eine schraubenförmige Ausfräsung und eine Längsnut.
Der Druckraum über dem Kolben ist durch die Längsnut im Kolben immer mit dem unterhalb der schraubenförmigen Ausfräsung befindlichen Raum verbunden. Durch die Ausfräsung wird eine Steuerkante gebildet, mit der die Fördermenge beeinflußt wird.
Wie bereits beschrieben strömt im unteren Totpunkt Kraftstoff durch die Ansaugbohrung(en) in den Pumpenzylinder. Der aufwärtsgehende Kolben verschließt die Ansaugbohrung und preßt den Kraftstoff durch das Druckventil zur Einspritzdüse. Bei einer bestimmten Hubhöhe gibt die Steuerkante die Ansaugbohrung im Pumpenzylinder frei. Der Kraftstoff im Druckraum strömt ab diesem Zeitpunkt durch die Längsnut, an der Steuerkante vorbei und durch die Ansaugbohrung in den Saugraum. Man nennt diesen Vorgang „Absteuern“. Nach dem Absteuern fördert der Pumpen-

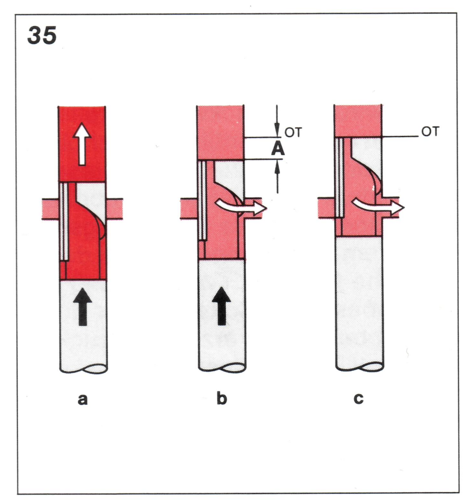



**Bild 35 Fördervorgang.**
*a Fördern, b Absteuern, c OT, A Resthub.*

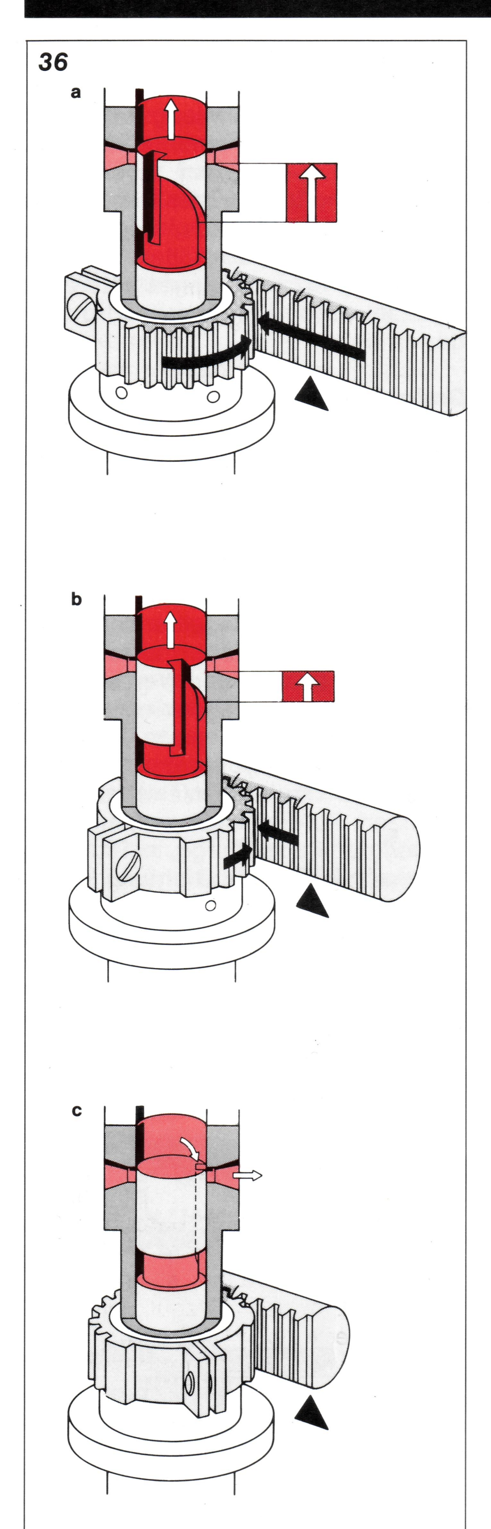



***Bild 36 Stellung des Pumpenkolbens bei verschiedenen Einspritzmengen.***
*a Vollförderung, b Teilförderung, c Nullförderung.*

kolben bis zum Erreichen des oberen Totpunkts (OT) keinen Kraftstoff mehr zur Einspritzdüse. Die Steuerkante verläuft schräg über den Umfang des Pumpenkolbens. Der Weg, den der Pumpenkolben bis zum Absteuern zurücklegt, ist davon abhängig, in welcher Lage sich die Steuerkante zur Ansaugbohrung befindet. Diese Lage kann durch Verdrehen des Pumpenkolbens geändert werden.
Im gezeigten Beispiel bedeutet dies, daß bei der Kolbenstellung für Vollförderung erst beim Erreichen des maximalen Nutzhubs, also nach Fördern der größtmöglichen Fördermenge, abgesteuert wird. Wird der Pumpenkolben in die Stellung für Teilförderung gedreht, so erfolgt das Absteuern je nach Stellung des Kolbens früher. Bei der Endstellung für Nullförderung befindet sich die Längsnut direkt vor der Ansaugbohrung. Dadurch ist der Druckraum über dem Pumpenkolben mit dem Saugraum während des gesamten Hubes verbunden. In dieser Stellung wird also kein Kraftstoff gefördert. In diese Stellung werden die Pumpenkolben gebracht, wenn der Motor abgestellt werden soll.

**Verstellmechanik**

Die Regelstange, vom Drehzahlregler betätigt, dreht die Regelhülse. Die Regelhülse überträgt diese Drehbewegung über einen Mitnehmer (die Kolbenfahne) auf den Kolben.

Mit der vom Drehzahlregler betätigten Regelstange wird über die Regelhülse der Pumpenkolben verstellt. Dadurch ändert sich die Lage der Steuerkante des Kolbens zur Absteuerbohrung im Pumpenzylinder. Dies erfolgt je nach Pumpengröße und Pumpentyp auf zwei verschiedene Arten: Ritzelregulierung und Lenkerregulierung.
Bei der Ritzelausführung trägt die über den Pumpenzylinder geschobene

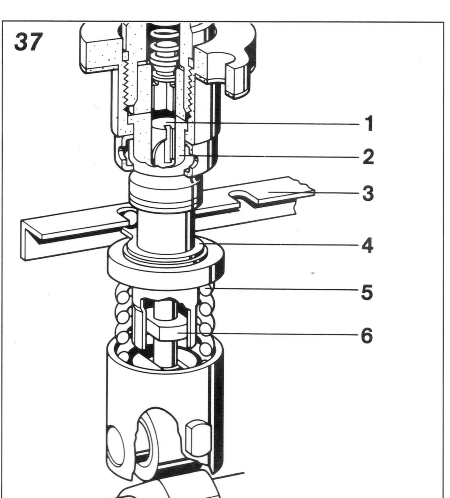



***Bild 37 Verstellmechanik (Pumpentyp P).***
*1 Kolben, 2 Zylinder, 3 Regelstange, 4 Regelhülse, 5 Kolbenfeder, 6 Kolbenfahne.*

Regelhülse an ihrem oberen Ende ein aufgeklemmtes Zahnsegment (Zahnkranz), unten hat sie einen Längsschlitz, in dem die Kolbenfahne (Mitnehmer) gleitet. In die Verzahnung des Zahnsegmentes greift die gezahnte Regelstange ein. Bei der Lenkerregulierung hat die Regelstange für jedes Pumpenelement einen querliegenden Führungsschlitz, in den ein mit der Regelhülse verbundener Hebel mit Kugelkopf oder Stift eingreift.

### Regelstangen-Anschläge

Die Regelstangen-Anschläge begrenzen die Vollastmenge der Einspritzpumpen.

Der Weg der Regelstange wird meist durch einen einstellbaren Anschlag begrenzt (Vollastmenge). Für die Realisierung stehen verschiedene Regelstangen-Anschläge zur Verfügung. Man unterscheidet hierbei pumpenseitige, d. h. in der Einspritzpumpe integrierte Regelstangen-Anschläge, und reglerseitige Regelstangen-Anschläge. Im Rahmen dieser Technischen Unterrichtung werden nur die pumpenseitigen Regelstangen-Anschläge erläutert. Die reglerseitigen Regelstangen-Anschläge sind in der Technischen Unterrichtung „Diesel-Einspritzausrüstung (2), Drehzahlregler für Reiheneinspritzpumpen" behandelt.

Pumpenseitige Regelstangen-Anschläge
Bei den pumpenseitigen Regelstangen-Anschlägen unterscheidet man feste und federnde Regelstangen-Anschläge. Der feste Regelstangen-Anschlag ist mit einer Schraube einstellbar und ist mit einer Gegenmutter gesichert. Er kann auf Vollastmenge oder auf Startmenge eingestellt werden. Bei Motoren, die zum Starten eine größere Kraftstoffmenge benötigen als für Vollastbetrieb, befindet sich an der Regelstange oder am Hebelwerk des Reglers ein weiterer Anschlag, der zum Starten vorübergehend unwirksam gemacht wird, während des Betriebs jedoch die Vollastmenge begrenzt (Bild 38).
Der federnde Regelstangen-Anschlag ist meist bei Leerlauf-Enddrehzahlreglern eingebaut. Er kann mit der Einstellbuchse eingestellt werden. Mit der Gegenmutter ist die Einstellbuchse gegen Verdrehen gesichert. Bei Pumpendrehzahlen von mehr als 400...500 $min^{-1}$ begrenzt der Regelstangen-Anschlag den geförderten Kraftstoff auf die Vollastmenge. Tritt der Fahrer das Fahrpedal bei Stillstand des Motors (also zum Starten) ganz nieder, so gibt die Feder in der Anschlagbuchse nach. Der Regelstangenweg wird größer als bei Vollast, was eine größere Fördermenge bewirkt. Sobald der Motor jedoch läuft, wird der Regler wirksam und zieht die Regelstange (schon kurz bevor die mittlere Leerlaufdrehzahl erreicht ist) in die Leerlaufstellung zurück (Abregelung).

## Drehzahlregelung

Die Regelung der eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgt durch mechanische oder pneumatische Drehzahlregler.
Um eine definierte Mengenverstellung bei Einspritzpumpen in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Last sicherzustellen, ist ein Drehzahlregler notwendig. Es werden hierzu meist mechanische Fliehkraftregler angewendet. Für die Reiheneinspritzpumpen gibt es außerdem pneumatische Drehzahlregler.
Von dem Fahrer wird mit dem Fahrpedal über den Drehzahl-Verstellhebel des Einspritzaggregates eine gewünschte Drehzahl (Geschwindigkeit) eingestellt. Der Regler hat nun die Aufgabe, die Fördermenge der Einspritzanlage so zu verändern, daß die eingestellte Solldrehzahl erreicht bzw. gehalten wird. Es wird also so lange die Fördermenge verändert, bis die Solldrehzahl und die Istdrehzahl gleich sind.
Wirkt auf das Fahrzeug oder die Antriebsmaschine eine veränderte Last (z. B. Steigung) ein, so sinkt die Drehzahl. Im Rahmen des Regelbereiches stellt aber nun der Regler eine neue (in diesem Fall größere) Fördermenge ein und die eingestellte Solldrehzahl (Geschwindigkeit) wird wieder erreicht.

### Drehzahlregler

Jeder Drehzahlregler hat die Aufgabe, eine bestimmte Drehzahl im festgelegten Toleranzbereich zu halten.

Der Drehzahlregler regelt die Drehzahl des Dieselmotors. Seine Aufgabe besteht darin, im Regelbereich dafür zu sorgen, daß die Motordrehzahl nicht unter einen bestimmten Wert sinkt, da der Motor sonst stehenbleibt. Ebenfalls darf eine bestimmte Drehzahl nicht überschritten werden, um den Motor vor der Selbstzerstörung zu schützen. Zu diesem Zweck muß der Regler die Regelstange in Richtung Mehrmenge bzw. in Richtung Stop verschieben. Um ein Maß für die Verstellung der Regelstange zu erhalten, ist in dem Regler eine Einrichtung vorhanden, die die augenblickliche Drehzahl mißt, sie mit einem Sollwert ver-

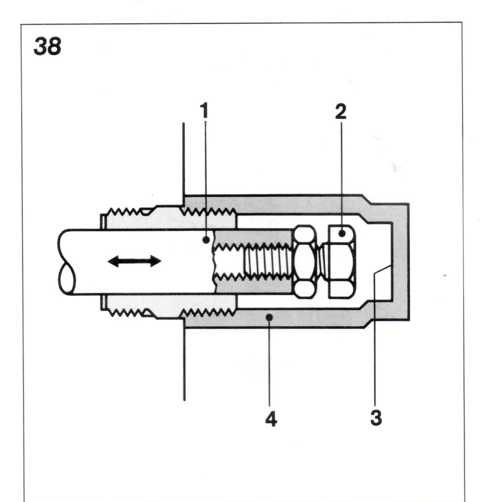



***Bild 38 Fester Regelstangen-Anschlag.***
*1 Regelstange, 2 Einstellschraube, 3 Anschlagfläche, 4 Verschlußkappe.*

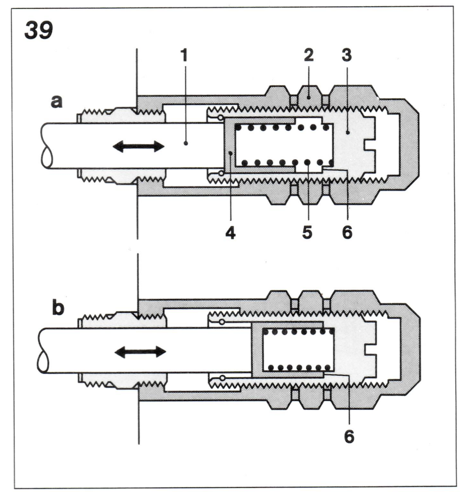



***Bild 39 Federnder Regelstangen-Anschlag.***
*a Vollaststellung, b Startstellung; 1 Regelstange, 2 Gegenmutter, 3 Einstellbuchse, 4 Anschlagbuchse, 5 Druckfeder, 6 Anschlag.*

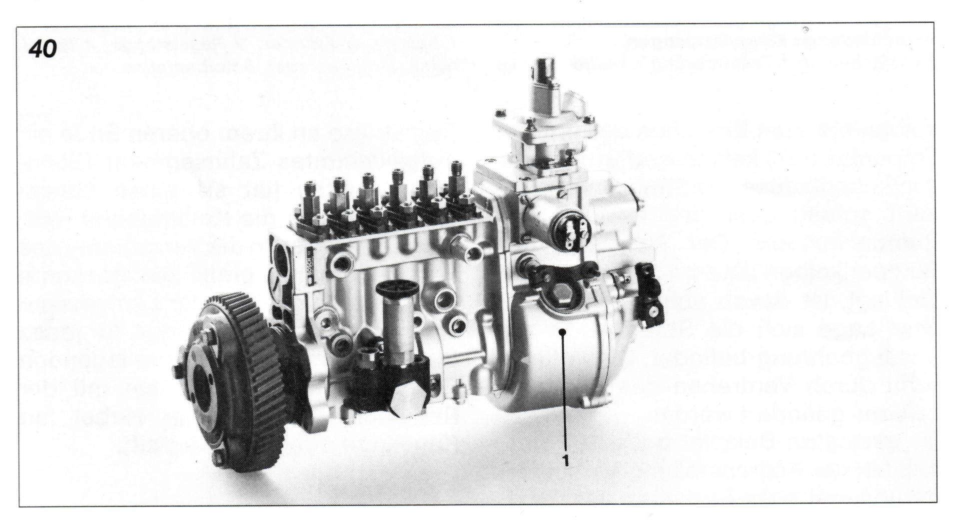



***Bild 40 Einspritzpumpe mit Drehzahlregler.***
*1 Drehzahlregler*

gleicht und bei Abweichungen die Regelstange in die entsprechende Richtung verschiebt, bis Istwert und Sollwert übereinstimmen.
Außer dieser Aufgabe erfüllt der Regler noch weitere Funktionen wie automatische Freigabe oder Sperrung der Startmenge, Korrektur der Vollastmenge in Abhängigkeit von der Drehzahl (Angleichung), Ladedruck und Höhenkorrektur.
Aus den verschiedenen Regelaufgaben ergeben sich die folgenden Reglerarten:

- Enddrehzahlregler
  begrenzen die Höchstdrehzahl.
- Leerlauf-Enddrehzahlregler
  finden vorwiegend in Kraftfahrzeugen Verwendung. Leerlauf- und Enddrehzahl werden geregelt, der Bereich dazwischen nicht. Hier erfolgt die Beeinflussung der Einspritzmenge durch das Fahrpedal.
- Alldrehzahlregler
  regeln neben der Leerlauf- und Enddrehzahl auch den dazwischenliegenden Drehzahlbereich.

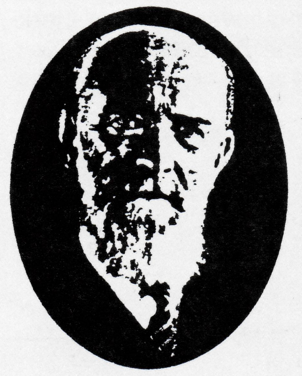
Die Betätigung der Regler erfolgt drehzahlabhängig durch Fliehgewichte oder pneumatisch durch Erfassen der Druckverhältnisse im Sammelsaugrohr des Motors.
Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsverhalten der Regler für Einspritzpumpen sind ausführlich in der Druckschrift VDT-UBP 210/1 De „Diesel-Einspritzausrüstung (2), Drehzahlregler für Reiheneinspritzpumpen“ beschrieben.

# Diesel-Geschichte(n)

**Jeder weiß, daß der Diesel wirtschaftlich ist und lange hält. Daß erst Robert Bosch den Diesel im Auto ermöglichte, wissen allerdings nur wenige.**



Rudolf Diesel 1858–1913



Robert Bosch 1861–1942

Im Jahr 1895 präsentierte Rudolf Diesel seine Erfindung erstmals der Öffentlichkeit: einen Motor mit Kompressionszündung.
Dieser Motor besaß gegenüber dem bereits bewährten Otto-Motor die Vorzüge, wesentlich weniger Kraftstoff zu verbrauchen, er konnte mit verhältnismäßig billigem Brennstoff betrieben werden und zudem für sehr viel höhere Leistungen ausgelegt werden.
Diesels Erfindung setzte sich rasch durch, und bald gab es für Schiffs- und Stationärmotoren keine Alternative mehr.
Allerdings wies der Diesel-Motor den großen Nachteil auf, daß es nicht gelang, höhere Drehzahlen zu erreichen.
Je mehr sich aber der Diesel-Motor verbreitete und damit die Vorteile des Diesel-Systems bekannt wurden, desto stärker erhoben sich die Forderungen nach einem kleinen, schnelllaufenden Selbstzünder.
Das größte Hindernis für den hochtourigen Diesel-Motor stellte die Kraftstoffzuführung dar. Das bis dahin angewandte Einblasverfahren, bei dem der Kraftstoff mit Preßluft in den Brennraum geblasen wurde, ließ keine entsprechende Drehzahlsteigerung zu. Außerdem erforderte die „Luftpumpe“ einen aufwendigen apparativen Aufbau, so daß sich Baugröße und Baugewicht nicht wesentlich reduzieren ließen.
Ende 1922 beschloß Robert Bosch, sich mit der Entwicklung eines Einspritzsystems für Diesel-Motoren zu befassen.
Die technischen Voraussetzungen waren günstig: Man verfügte bereits über Erfahrungen mit Verbrennungsmotoren; die Fertigungstechnik war hochentwickelt und vor allem konnten Kenntnisse, die man bei der Fertigung von Schmierpumpen gesammelt hatte, eingesetzt werden.
Robert Bosch und seine Mannschaft arbeiteten unermüdlich an dieser neuen Aufgabe. Schon zu Beginn des Jahres 1923 lagen rund ein Dutzend verschiedene Einspritzpumpen-Entwürfe vor, Mitte 1923 erfolgten die ersten Versuche am Motor.
Die Fachwelt begann immer mehr mit dem Kommen der Einspritzpumpe zu rechnen, von der sie einen neuen Anstoß für den Diesel-Motorenbau erwartete.
Im Sommer 1925 stand dann der endgültige Entwurf über die Bauart der Einspritzpumpe fest, und 1927 verließen die ersten serienmäßig gefertigten Einspritzpumpen das Werk.
Diese von Bosch entwickelte Einspritzpumpe brachte Rudolf Diesels Motor endlich auf Touren und sorgte damit für den Durchbruch in unvorhergesehenem Maß. Der Diesel-Motor eroberte sich einen ständig größer werdenden Anwendungsbereich, vor allem auch auf dem Kraftfahrzeugsektor.
Die Weiterentwicklung des Diesel-Motors und der Einspritzanlage ging unaufhörlich weiter.
Mit einer Spitzengeschwindigkeit von über 360 km/h zeigte ein Diesel-Versuchsfahrzeug mit einer Bosch-Einspritzanlage kürzlich, was das heutige Diesel-Triebwerk leisten kann. Normalerweise spricht man bei Rekordfahrzeugen nicht gern über den Verbrauch. Anders beim Diesel: Das Rekordfahrzeug konsumierte bei Höchstgeschwindigkeit von 360 km/h nur 13,6 l pro 100 km und bei Tempo 250 km/h gab sich der Renn-Diesel sogar mit 6 l pro 100 km zufrieden.
Wie anpassungsfähig und entwicklungsfähig Rudolf Diesels Erbe noch nach Jahrzehnten ist, zeigt sich besonders bei Personenkraftwagen, deren Diesel-Anteil von Jahr zu Jahr steigt. Inzwischen hat fast jeder Automobil-Hersteller in Europa mindestens einen Diesel-Pkw im Programm oder in der Entwicklung.

## Erläuterung der Pumpenbezeichnung

**Typformel:**
Neben der Bestellnummer steht auf dem Typenschild die Typformel, sie kennzeichnet die wesentlichen Merkmale der Einspritzpumpe.




***Bild 41** Typenschild einer Reiheneinspritzpumpe.*

PES 4 M 50 C 320 R S 14

PE.S 4 A. .. C ... R S... .

Einspritzpumpen mit eigener Nockenwelle
PE = mit Flachbettbefestigung bzw. Wannenbefestigung
PES = mit Stirnflanschbefestigung

Zylinderzahl
2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 9 – 10 – 12

Pumpengröße
M = 7 mm Kolbenhub
A = 8 mm
MW = 8 mm, 10 mm
P = 10 mm, 11 mm, 12 mm
Z = 12 mm
C = 15 mm
..M Mehr- und Vielstoffbetrieb
..W Verstärkte Ausführung
..WM Verstärkte Ausführung für Mehrstoffbetrieb

Kolbendurchmesser in 1/10 mm.

Änderungsbuchstabe.

Montagezahl
Die Montagezahl kennzeichnet die Einbaulage der Nockenwelle und damit die Spritzfolge.
Sie gibt außerdem an, ob und in welcher Lage Regler, Spritzversteller und Förderpumpe angebaut sind.

Drehrichtung der Nockenwelle auf den Pumpenantrieb gesehen
R = Rechts L = Links

Ausführungskennzahl

Anhängebuchstabe für andere Einstellung. (Verwendet werden Buchstaben von „Z" rückläufig. Nur bei gleicher Kombinations-Nr. und anderer Vollast bzw. anderem Vorhub oder anderer Grundeinstellung.)

## Pumpenbaureihe

Den entsprechenden Motorleistungen angepaßt, gibt es Einspritzpumpen in verschiedenen Größen.

Die maximal einzuspritzende Kraftstoffmenge hängt von dem Hubvolumen pro Zylinder ab. Der maximal aufzuwendende höchste Einspritzdruck der Einspritzpumpe kann zwischen 400 und 700 bar betragen. Um diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden, verwendet man verschiedene Typen von Einspritzpumpen. Die Pumpentypen sind in Baureihen zusammengefaßt und überlappen sich in ihrer Leistung. Damit steht für jeden Verwendungszweck die passende Einspritzpumpe zur Verfügung.
Innerhalb der Baureihe der PE-Einspritzpumpen gibt es zwei voneinander abweichende Bauweisen. Der Bauweise der M-, A- und ZW-Pumpe steht die Bauweise der MW-, P- und CW-Pumpe gegenüber. In dem Bild 42 sind die wichtigsten Unterschiede der beiden Ausführungsarten aufgezeigt.
Bei dem Prinzip der A-Pumpe wird der Pumpenzylinder von oben direkt in das Aluminiumgehäuse eingesetzt. Er wird mit dem Druckventilhalter über den Druckventilträger gegen das Pumpengehäuse gepreßt. Die Dichtungsdrükke, die viel höher als die hydraulischen Förderdrücke sind, müssen von dem Pumpengehäuse aufgenommen werden. Infolgedessen ist der Spitzendruck bei der M-Pumpe auf 400 bar und bei der A-Pumpe auf 600 bar begrenzt.
Die Einstellschraube für den Vorhub befindet sich bei der A- und ZW-Pumpe zwischen Rollenstößel und Federteller. Sie ist dabei in dem Rollenstößel eingeschraubt und durch eine Gegenmutter fixiert. Auf der Regelhülse befindet sich das Zahnsegment, mit dem die Gleichförderung der Pumpenkolben eingestellt wird. Hierzu läßt sich die Regelhülse im Zahnsegment relativ zu der Regelstange verdrehen. Diese Einstellarbeiten können bei dieser Bauweise nur bei offenem Gehäuse und bei Stillstand der Pumpe ausgeführt werden. Zu diesem Zweck besitzt das Gehäuse einen Federraumdeckel.
Die P-Pumpe unterscheidet sich von der A-Pumpe hauptsächlich durch die Flanschbuchse bzw. durch das Flanschelement. Bei der Ausführung mit Flanschbuchse ist der Pumpenzylinder ein selbständiges Teil, d. h. die Flanschbuchse ist unterteilt. Im Gegensatz hierzu ist das Flanschelement nicht unterteilt. Flanschbuchse als auch Flanschelement werden von oben in das Gehäuse eingesetzt. Der Druckventilhalter der P-Pumpe ist nicht wie bei der A-Pumpe in das Gehäuse, sondern in die Flanschbuchse bzw. in das Flanschelement eingeschraubt. Man erreicht mit dieser Maßnahme eine druckstabilere Einheit. Aus diesem Grund sind bei dieser Pumpenausführung Spitzendrücke von 750 bar möglich. Zwischen dem Gehäuse und der Flanschbuchse bzw. Flanschelement befindet sich die Ausgleichscheibe, mit der die Einstellung des Vorhubes vorgenommen wird.
Der Pumpenkolben der Einspritzpumpe ist bei diesem Prinzip über den unteren Federteller kraftschlüssig mit dem Rollenstößel verbunden. Die Regelhülse hat einen Lenkerarm mit Kugelkopf oder Stift, der in den Führungsschlitz der Regelstange eingreift. Wegen der geschlossenen Bauweise kann die Einstellung der Gleichförderung von außen durch das Verdrehen der Flanschbuchse bzw. des Flanschelementes vorgenommen werden.

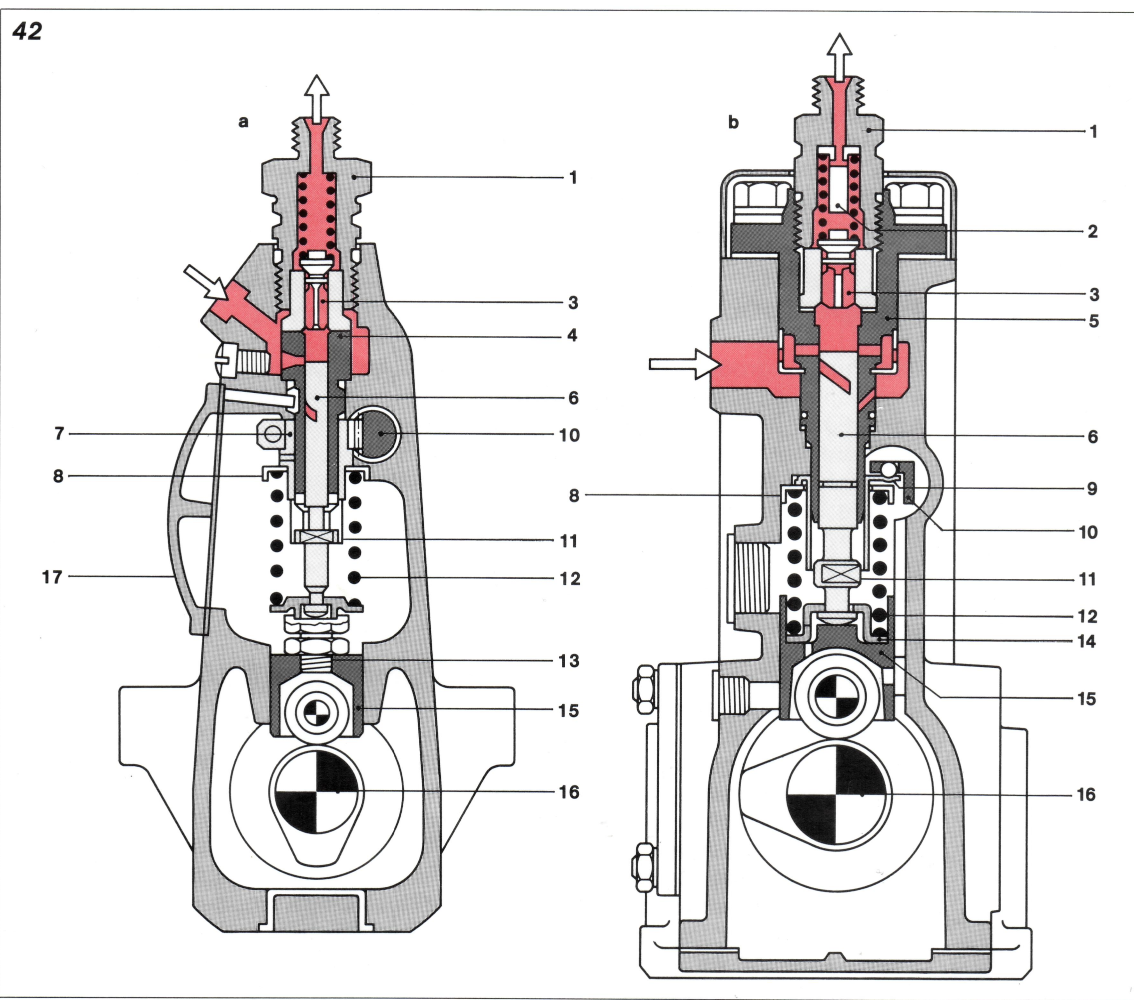



***Bild 42***
***Gegenüberstellung der Reiheneinspritzpumpen.***
*a PE.. A..,*
*b PE.. P..;*
*1 Druckventilhalter,*
*2 Füllstück,*
*3 Druckventil,*
*4 Pumpenzylinder,*
*5 Flanschelement,*
*6 Pumpenkolben,*
*7 Zahnsegment,*
*8 Regelhülse,*
*9 Hebelarm mit Kugelkopf,*
*10 Regelstange,*
*11 Kolbenfahne,*
*12 Kolbenfeder,*
*13 Einstellschraube,*
*14 Federteller,*
*15 Rollenstößel,*
*16 Nockenwelle,*
*17 Federraumdeckel.*

**Anwendungsbereich**

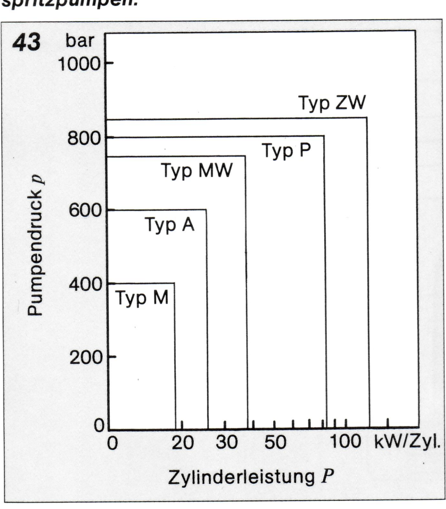
Der Leistungsbereich von Dieselmotoren mit Reiheneinspritzpumpen erstreckt sich von 10 kW/Zyl. bis zu 200 kW/Zyl. Ermöglicht wird dieser umfangreiche Leistungsbereich durch die verschiedenartigen Pumpenausführungen. Das Einsatzgebiet und der Verwendungszweck der Dieselmotoren wird von der Drehzahl, dem Bauvolumen und dem Gewicht der Reiheneinspritzpumpen beeinflußt.

Die Reiheneinspritzpumpen werden vorwiegend bei den Dieselmotoren verwendet, die in Lastkraftwagen und Kraftomnibussen eingebaut sind. Aber auch in Personenkraftwagen, Traktoren und landwirtschaftlichen Geräten sind sie ebenso anzutreffen wie in Baumaschinen. Zur Anwendung gelangen sie bei Bagger und Schaufellader sowie bei Planiermaschinen und Muldenkippern.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Reiheneinspritzpumpen ist der Einsatz bei Schiffsmotoren. Beispielsweise als Hilfsmotor bei Fracht- und Passagierschiffen oder als leistungsstarker Antrieb für Motoryachten, Hafenschlepper, Fischerboote und Schubboote zum Transportieren von Lastkähnen auf Binnengewässern.

Eine wichtige Aufgabe erfüllt der Dieselmotor auch als Notstromaggregat oder Sofortbereitschaftsaggregat, damit in Hochhäusern die Aufzüge nicht stehenbleiben, oder in Banken und Kaufhäusern die Computer- und Sicherheitseinrichtungen funktionieren. Auch in Krankenhäusern sind Sofortbereitschaftsaggregate installiert, um die Funktion der lebenswichtigen Einrichtungen bei Netzausfall aufrechtzuerhalten.

***Bild 43 Leistungsbereich von Reiheneinspritzpumpen.***



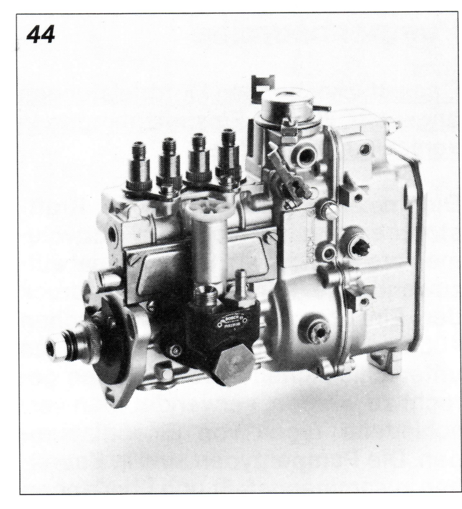

## Pumpengröße M

Die Pumpengröße M ist die kleinste Reiheneinspritzpumpe der Baureihe PE. Ihr Gehäuse ist mit einem seitlichen Deckel und einer Bodenplatte versehen. Die Pumpenkolben liegen direkt auf den Rollenstößeln. Das bedeutet, daß für die Vorhubeinstellung keine Einstellschrauben vorhanden sind. In diesem Fall wird der Vorhub eingestellt, indem man Stößelrollen mit verschiedenen Durchmessern benützt.

Nach der Demontage des seitlichen Deckels kann die Fördermenge der Pumpenelemente eingestellt und einander angeglichen werden. Die Einzeleinstellung wird dabei durch das Verschieben der Klemmstücke auf der Regelstange vorgenommen.

Im Betrieb wird die Regelung der Fördermenge durch die Regelstange eingeleitet. Sie besteht bei der Pumpengröße M aus einem abgeflachten Rundstahl. Auf der Regelstange sind die Klemmstücke, die mit einer Nut versehen sind, befestigt. Der Hebel, der mit der Regelhülse fest verbunden ist, stellt mit seinem eingenieteten Bolzen die Verbindung zum Klemmstück her. Diese Art der Verbindung bezeichnet man als Lenkerregulierung. Außerdem ist durch die Regelhülse die Stellung des Pumpenkolbens und damit die Fördermenge definiert.

Zur Schmierung der beweglichen Pumpenteile, z. B. Nockenwelle, Rollenstößel usw., ist eine bestimmte Menge Öl in der Einspritzpumpe vorhanden. Während des Betriebs erfolgt eine Umwälzung des Öls, da die Einspritzpumpe an den Schmierkreislauf des Motors angeschlossen ist.



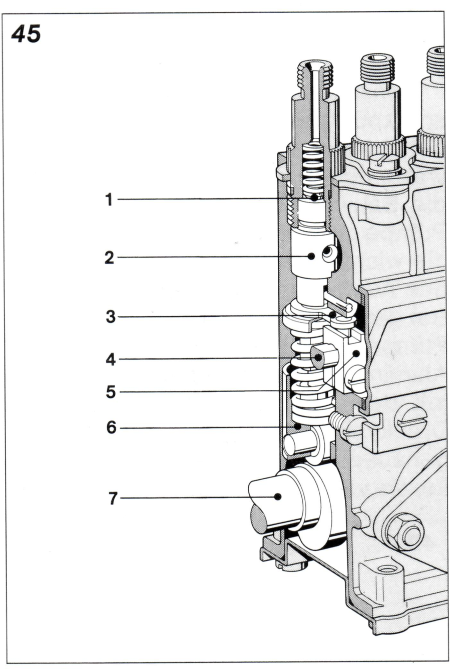




***Bild 44 Einspritzpumpe Typ M.***

***Bild 45 Schnittbild Typ M.***
*1 Druckventil, 2 Pumpenzylinder, 3 Lenker der Regelhülse, 4 Regelstange, 5 Klemmstück, 6 Rollenstößel, 7 Nockenwelle.*

## Pumpengröße A

Die Pumpengröße A schließt an die Pumpengröße M an. Die maximal mögliche Fördermenge ist größer als bei der Pumpengröße M. Das Pumpengehäuse kann wie bei der M-Einspritzpumpe seitlich geöffnet werden, um die Fördermenge der einzelnen Pumpenelemente aneinander anzugleichen. Die Verstellung des Pumpenkolbens und damit die Veränderung der Fördermenge erfolgt über die Ritzelregulierung.

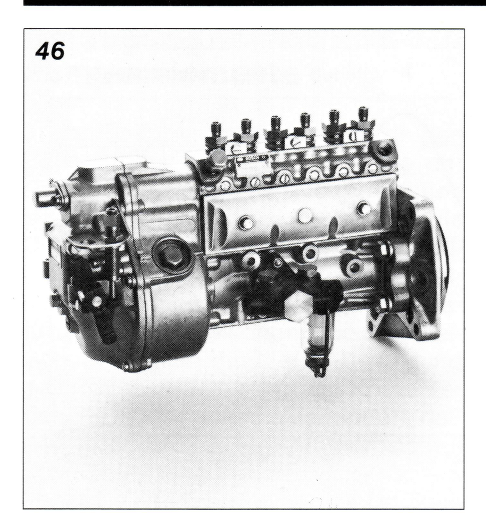
Als Regelstange dient eine Zahnstange. Die Regelhülse trägt an ihrem oberen Ende ein aufgeklemmtes Zahnsegment. Die Verzahnung von Regelstange und Zahnsegment greifen ineinander. Zur Angleichung der Fördermenge per Einzelelement kann die Regelhülse so verdreht werden, daß eine Gleichförderung der Pumpenelemente erreicht wird. Zum Einstellen des Vorhubes besitzen die Rollenstößel Einstellschrauben. Sie werden durch eine Gegenmutter in ihrer Einstellung fixiert. Außerdem stellen sie über den unteren Federteller eine formschlüssige Verbindung zum Pumpenkolben her.

Die Schmierung erfolgt wie bei der M-Pumpe durch Anschluß an den Schmierölkreislauf des Motors.

## Pumpengröße MW

Für höhere Pumpenleistungen wurde die Pumpengröße MW entwickelt. Ihre Konstruktion unterscheidet sich erheblich von den Baureihen M und A.

Typisch für die MW-Pumpe ist das Flanschelement. Dieses wird von oben in das Pumpengehäuse eingesetzt. Infolgedessen kann ein geschlossenes Gehäuse, d. h. ohne Federraumdeckel, verwendet werden. Die Kräfte für das



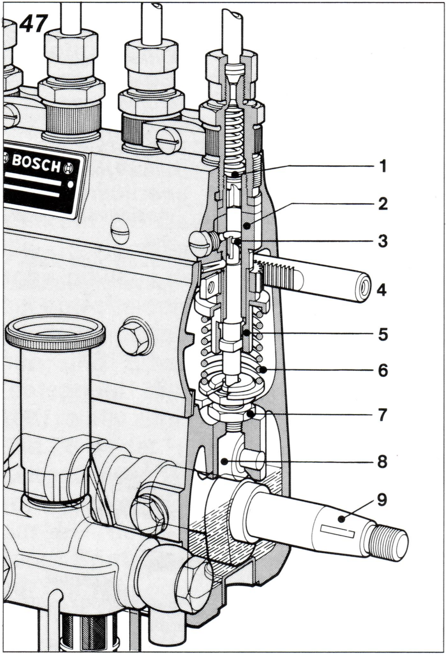
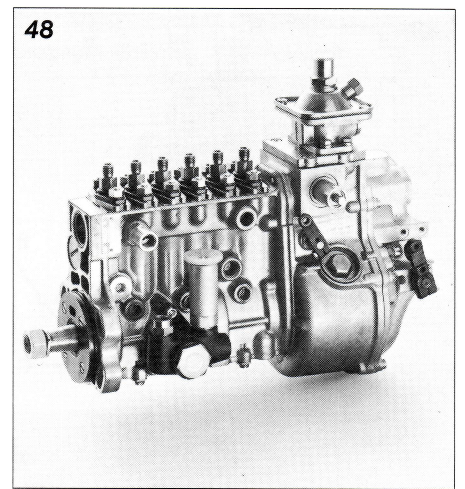




***Bild 46 Einspritzpumpe Typ A.***

***Bild 47 Schnittbild Typ A.***
*1 Druckventil, 2 Pumpenzylinder, 3 Pumpenkolben, 4 Regelstange, 5 Regelhülse, 6 Kolbenfeder, 7 Einstellschraube, 8 Rollenstößel, 9 Nockenwelle.*



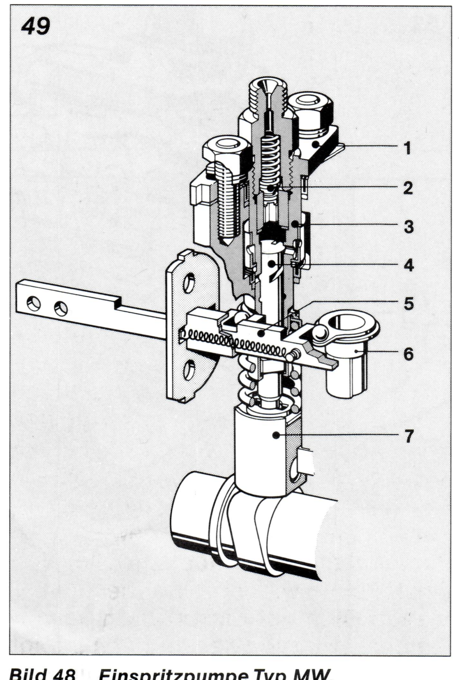
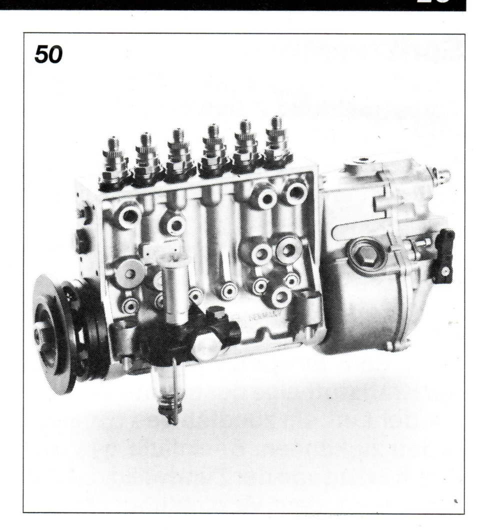




***Bild 48 Einspritzpumpe Typ MW.***

***Bild 49 Teilschnitt Typ MW.***
*1 Befestigungsflansch des Pumpenelements, 2 Druckventil, 3 Pumpenzylinder, 4 Pumpenkolben, 5 Regelstange, 6 Regelhülse, 7 Rollenstößel.*



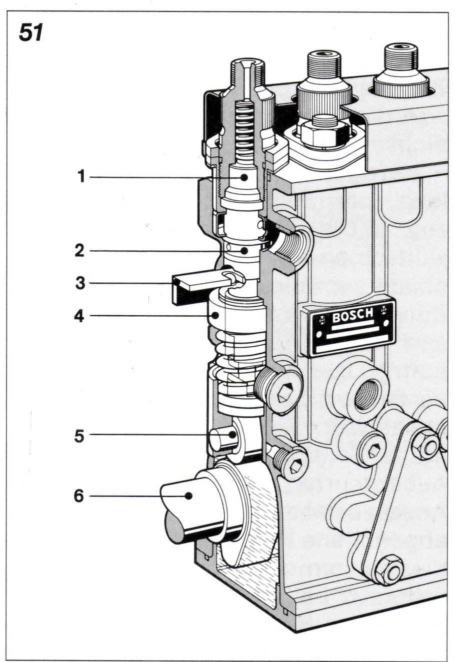




***Bild 50 Einspritzpumpe Typ P.***

***Bild 51 Schnittbild Typ P.***
*1 Druckventil, 2 Pumpenzylinder, 3 Regelstange, 4 Regelhülse, 5 Rollenstößel, 6 Nockenwelle.*

Abdichten des Hochdruckkreises werden innerhalb des hochfesten Elementverbandes aufgefangen. Das Pumpengehäuse wird mit diesen Dichtkräften nicht mehr belastet, wodurch die MW-Pumpe für höhere Einspritzdrücke geeignet ist als die M- und A-Pumpe.
Die Gleichförderung der einzelnen Elemente wird durch Drehen des Elementverbandes eingestellt. Der Flansch ist hierzu mit Langlöchern versehen. Die Stellung des Pumpenkolbens bleibt dabei unverändert. Zum Einstellen des Vorhubes dienen verschieden dicke Einstellplatten, die zwischen den Flansch und das Gehäuse gelegt werden.
Der Druckventilhalter ist in dem nach oben verlängerten Pumpenzylinder eingeschraubt. Druckventilhalter mit Druckventil bilden mit dem Pumpenelement den Elementverband.

Im Betrieb wird die Regelung der Fördermenge durch die Regelstange eingeleitet. Als Regelstange dient ein Flachprofil mit den entsprechenden Aussparungen. In diese Aussparungen greifen die Kugeln des auf der Regelhülse befestigten Lenkerhebels ein und stellen somit eine Verbindung mit der Regelstange her. Man bezeichnet diese Art der Verbindung als Lenkerregulierung.
Die Pumpe ist an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen.

## Pumpengröße P

Die Einspritzpumpengröße P schließt sich an die Pumpengröße MW an. Beide Baureihen haben ähnlichen konstruktiven Aufbau. Deshalb gilt für die P-Pumpe die entsprechende Erläuterung wie bei der MW-Pumpe.

P-Pumpe die entsprechende Erläuterung bei der MW-Pumpe.

## Spritzversteller

### Vorbetrachtung Zündverzug

Als Zündverzug bezeichnet man die Zeitspanne zwischen Einspritzbeginn und Entzündung des Kraftstoffes. Der Einspritzbeginn kann durch einen Spritzversteller drehzahlabhängig vorverlegt werden.

Nach dem Einspritzvorgang benötigt der Kraftstoff eine bestimmte Zeit, um mit der Luft ein zündfähiges Gemisch bilden zu können. Beeinflußt wird der Zündverzug von der Zündwilligkeit des Kraftstoffs, dem Verdichtungsverhältnis, der Lufttemperatur, der Kraftstoffzerstäubung und der Gemischbildung. Besonders bemerkbar macht sich der Zündverzug bei hohen Drehzahlen, weil die Entzündung des Kraftstoffes nicht mehr im richtigen Moment – bezogen auf die Motorkolbenstellung – stattfindet. Ein kleiner Zündverzug (0,001 Sekunden) hat den erwünschten „weichen" Verbrennungsablauf zur Folge, wogegen bei einem Zündverzug von mehr als 0,002 Sekunden ein harter Verbrennungsablauf auftritt. Diese harte Gangart entsteht durch die plötzlich auftretende Drucksteigerung, wodurch auch eine erhöhte Geräuschentwicklung entsteht. Außerdem hat er Auswirkungen auf die Abgaszusammensetzung und auf die abgegebene Leistung des Motors. Um dies zu vermeiden, muß der Einspritzzeitpunkt bei höher werdender Drehzahl vorverlegt werden. Diese drehzahlabhängige Verstellung des Einspritzbeginns erfolgt durch den Spritzversteller.

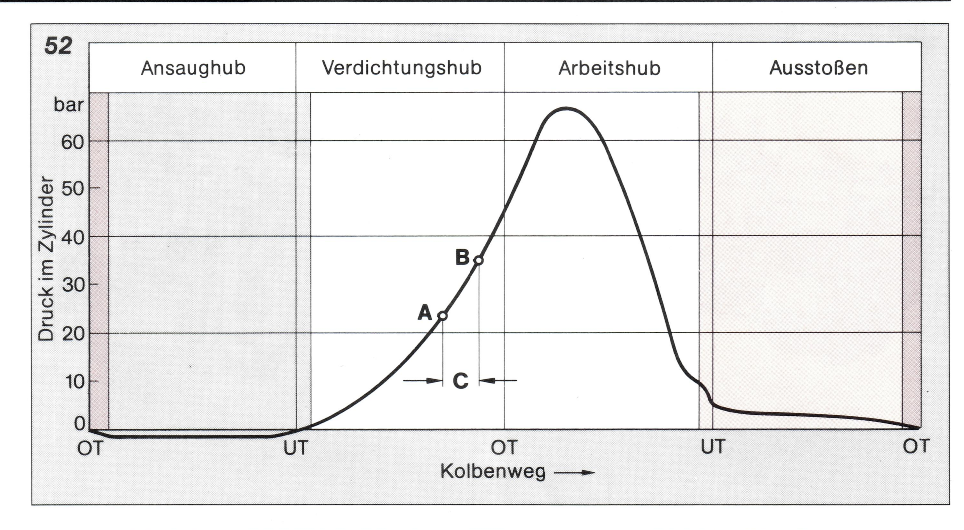



***Bild 52* Druckverhältnisse im Zylinder.**
*A Einspritzbeginn, B Verbrennungsbeginn, C Zündverzug.*
*Einlaßventil geöffnet, Auslaßventil geöffnet, Einlaß- und Auslaßventil geöffnet.*

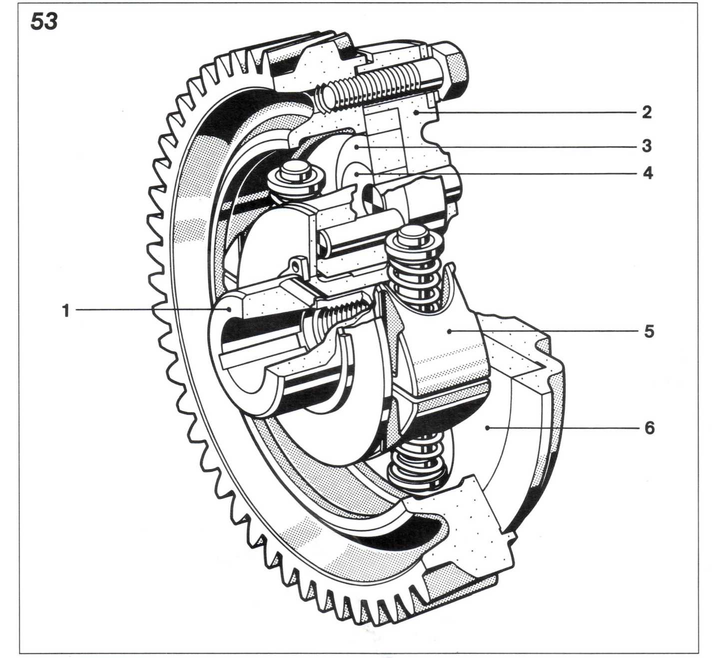



***Bild 53* Exzenter-Spritzversteller.**
*1 Nabe, 2 Gehäuse, 3 Verstellexzenter, 4 Ausgleichsexzenter, 5 Fliehgewicht, 6 Verstellscheibe.*

## Exzenter-Spritzversteller

Den Exzenter-Spritzversteller gibt es in offener und geschlossener Bauweise. Er ist normalerweise auf der Nokkenwelle der Einspritzpumpe angebracht. Es ist aber auch eine Unterbringung auf einer Zwischenwelle möglich. Zur Schmierung ist der geschlossene Spritzversteller mit einer Ölfüllung versehen, die über die gesamte Lebensdauer des Spritzverstellers schmierfähig ist. Bei offenem Spritzversteller erfolgt die Schmierung durch den Anschluß an den Schmierölkreislauf des Motors. Hierzu ist der Spritzversteller mit den entsprechenden Bohrungen versehen. Der Aufbau sowie die Arbeitsweise des Exzenter-Spritzverstellers werden anhand der offenen Bauweise erläutert.

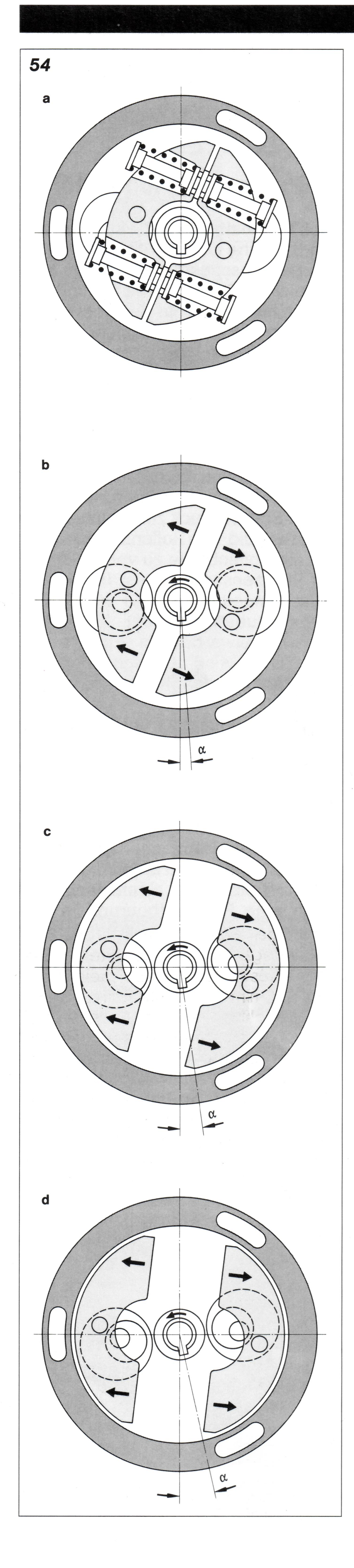
Aufbau

Das Gehäuse des Exzenter-Spritzverstellers der offenen Bauweise ist durch eine Schraubverbindung mit einem Zahnrad verbunden. In dem Gehäuse sind die Verstellscheibe mit Nabe sowie die Verstell- und Ausgleichsexzenter drehbar gelagert. Geführt werden die Verstell- und Ausgleichsexzenter von einem Bolzen, der mit dem Gehäuse fest verbunden ist. Die Bolzen der Fliehgewichte greifen in die Bohrung der Verstellexzenter ein. In den Fliehgewichten befinden sich die Druckfedern paarweise angebracht. Sie werden hierbei von einem Bolzen geführt. Die Fliehgewichte sind gegen ein axiales Verschieben gesichert.

Arbeitsweise

Angetrieben wird der offene Spritzversteller über ein Zahnrad, das im Räderkasten des Motors untergebracht ist. Die Verbindung zwischen Antrieb und Abtrieb (Nabe) wird durch ineinanderliegende Exzenterpaare hergestellt. Die Exzenter befinden sich hierbei in den Bohrungen der Verstellscheibe und werden von den Bolzen des Gehäuses geführt. Über diese Bolzen wird die Antriebsbewegung von dem Gehäuse auf die Nabe übertragen. Von den Druckfedern werden die Fliehgewichte bei Stillstand des Motors in der Ausgangslage gehalten. Bei Betrieb des Motors, d. h. bei steigender Drehzahl, nimmt die Fliehkraft zu. Die Fliehgewichte wandern nach außen und bewirken dadurch eine Verdrehung der Exzenter. Infolge der Drehbewegung der Exzenter wird die Nabe gegen das Gehäuse verstellt, wodurch sich der Einspritzzeitpunkt ändert. Durch den Exzenter-Spritzversteller ist ein maximaler Verstellwinkel bis zu 30° gegenüber der Motorkurbelwelle möglich.

***Bild 54 (rechts)* Funktion des Exzenter-Spritzverstellers.**
*a in Ruhestellung, b Stellung bei niedriger Drehzahl, c Stellung bei mittlerer Drehzahl, d Endstellung bei hoher Drehzahl, α Verstellwinkel.*




# Muß der Diesel...

## ...nageln?

Fachleute bezeichnen das besonders von Nutzfahrzeugen her bekannte kernig-klopfende Geräusch als Leerlaufklopfen, Autofahrer sprechen meist schlicht und einfach vom „Nageln". Doch mittlerweile wurden die Lastwagen laufruhiger, und die Dieselmotoren für Personenwagen drehen heute fast kultiviert.

Das charakteristische Nageln hat seinen Ursprung im Verbrennungsablauf des Motors. Zwischen Einspritzbeginn, Gemischbildung und effektiver Zündung klafft eine minimale Pause von etwa 0,001 bis maximal 0,002 Sekunden, Zündverzug genannt. Am größten ist er bei kalten und wenig belasteten Motoren. Je größer der Zündverzug, desto mehr Kraftstoff gelangt bis zum Verbrennungsbeginn in den Brennraum und entzündet sich dort schlagartig – der Motor nagelt. Folglich schöpfen findige Konstrukteure alle Möglichkeiten aus, um den Zündverzug zu verkleinern und für einen möglichst gleichförmigen Verbrennungsablauf zu sorgen.

Wie erreicht man einen zeitlich etwas gestreckten Einspritzvorgang und eine kontinuierliche, gute Gemischbildung, um hohe Druckspitzen und einen steilen Anstieg des Verbrennungsdrucks bei der Verbrennung zu vermeiden? Das Problem wird von verschiedenen Seiten angegangen. Einerseits spielt die Gestaltung des Brennraums eine wichtige Rolle; gerade in den letzten Jahren wurde auf diesem Gebiet mancher Fortschritt erzielt. Andererseits läßt sich über die konstruktive Gestaltung und Auslegung der Einspritzanlage – von der Pumpe bis zur Düse – ein ruhiger Motorlauf erzielen.

Ein wichtiger Fortschritt gelang schon vor Jahren mit der Entwicklung der Drosselzapfendüse, die vor dem eigentlichen Hauptstrahl für einen Vorstrahl sorgt.

Tatsächlich sind die Fortschritte zur Kultivierung des Dieselmotors nicht zu übersehen.

## ...rauchen?

Das gelegentlich lästige Rauchen beeinflußt das Image der Dieselmotoren in der Öffentlichkeit immer noch stark. Fest steht aber, daß die Hersteller die Motoren bzw. Kraftfahrzeuge so ausliefern, daß sie nicht störend rauchen. Schließlich bestehen ja gesetzliche Vorschriften mit Grenzwerten, die nicht überschritten werden dürfen. Wenn Dieselmotoren trotzdem gelegentlich rauchen, dann handelt es sich um ein Wartungsproblem wie ein verschmutztes Luftfilter.

Ursache für das Rauchen ist eine schlechte Verbrennung des Kraftstoffs, d. h. die Kohlenwasserstoffe verbrennen nicht vollständig (Blaurauch), oder aber es bildet sich bei der Verbrennung unter Luftmangel Kohlenstoff in Form von Ruß (Schwarzrauch).

Um eine optimale Verbrennung zu erzielen, die schließlich auch für einen niedrigen Kraftstoffverbrauch maßgebend ist, arbeiten Motorhersteller und der Lieferant der Dieseleinspritzausrüstung schon im frühen Entwicklungsstadium der Motoren eng zusammen. Umfangreiche Versuche und Berechnungen führen zu einer Auslegung von Motor und Dieseleinspritzausrüstung, die alle Forderungen an raucharme Motoren erfüllen.

Beispielsweise muß die Einspritzmenge so dosiert werden, daß auch bei Vollast genügend Luftüberschuß vorhanden ist, da andernfalls die Gefahr des Rauchens besteht.

Ferner müssen die Einspritzrichtung des Kraftstoffs durch die Düse auf die Luftbewegung im Brennraum und der Einspritzdruck, der von der Hochdruckpumpe erzeugt wird, auf den Motor abgestimmt sein. Hier ergeben sich ganz unterschiedliche Bedingungen bei direkteinspritzenden Vorkammer- oder Wirbelkammermotoren. Schließlich ist auch noch der Beginn der Kraftstoffeinspritzung optimal einzustellen.

Das Ergebnis dieser Versuche sind Einstellwerte für Motor und Dieseleinspritzausrüstung, bei denen der Motor nicht raucht. Werden diese Einstellwerte eingehalten und die vorgeschriebenen Wartungen durchgeführt, dann bleibt dieser Zustand auch während der Laufzeit des Fahrzeugs erhalten.

# Einspritzpumpen Typ PF

Die Einspritzpumpen Typ PF haben keine eigene Nockenwelle (F Fremdantrieb).

Die Einspritzpumpen der Bauart PF verfügen über keine eigene Nockenwelle. Infolgedessen werden die Pumpenkolben von einer Nockenwelle des Motors angetrieben. Die Übertragung der Antriebsbewegung kann mit oder ohne Rollenstößel erfolgen (siehe Bild 57 und 58). Befestigt werden die PF-Einspritzpumpen mittels Flansch am Motor. Die Lage des Flansches richtet sich nach dem Anwendungsfall.
PF-Einspritzpumpen sind meist 1-Zylinder-Pumpen. Es gibt sie aber auch in 2-, 3- und 4-Zylinder-Version. In der Wirkungsweise entsprechen alle PF-Einspritzpumpen grundsätzlich der der Reiheneinspritzpumpen PE.
Die PF-Einspritzpumpen sind für Klein-, Mittel- und Großmotoren geeignet. Sie werden bei Schleppern und Baumaschinen eingebaut sowie im Bahn-, Schiffs- und Stationärbetrieb verwendet.
Je nach Pumpengröße unterscheiden sich die PF-Einspritzpumpen nicht nur in ihrer Leistung und in der Übertragungseinrichtung, sondern auch in ihren Abmessungen. Hierbei gehören die Pumpengrößen PFE 1 Q und PFR 1 K zu den kleinsten, die Pumpengröße PF 1 D und PFR 1 W zu den größten PF-Pumpenausführungen des Bosch-Einspritzpumpenprogramms (Bild 60).
Als Grundlage für die Einstellung der Pumpe zum Motor dient der Förderbeginn. Die Drehzahlregelung des Motors, und die damit notwendige Fördermenge, wird von dem Drehzahlregler beeinflußt. Er ist in der Regel von der Pumpe getrennt. Für die Kraftstoffförderung, Filterung und die Entlüftung gelten dieselben Gesichtspunkte wie für die PE-Pumpen.

## PF-Pumpe ohne Rollenstößel

Die kleinen PF-Einspritzpumpen, wie zum Beispiel die PFE 1 Q, sind für Spitzendrücke bis zu 500 bar geeignet. Für höhere Spitzendrücke (bis 1000 bar) kann zum Beispiel die PF 1 D-Einspritzpumpe eingesetzt werden. Gehäuse und Flanschanordnung entsprechen den erhöhten Belastungen von Antrieb und Pumpenelement. Die Fixierung des Elementverbandes im Pumpengehäuse erfolgt über einen Flansch am Kopf der Pumpe. Die Pumpenelemente können zusätzlich mit einer Leckrückführung sowie mit einer Lecksperre versehen werden. Eine nähere Erläuterung der Leckrückführung, bzw. der Lecksperre finden Sie auf der Seite 28. Kraftstoffzulauf und Kraftstoffrücklauf (für die Überströmmenge) liegen gegenüber. Die Rohrleitungen werden am Gehäuse mittels Flansch befestigt.



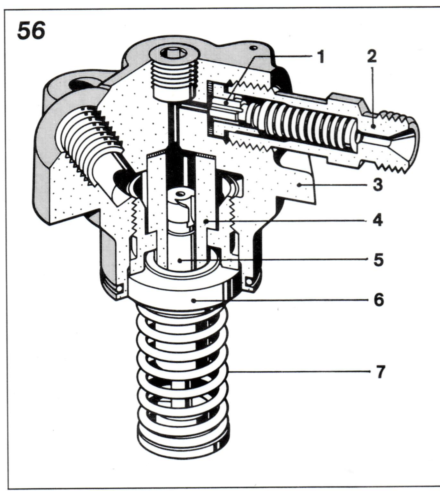
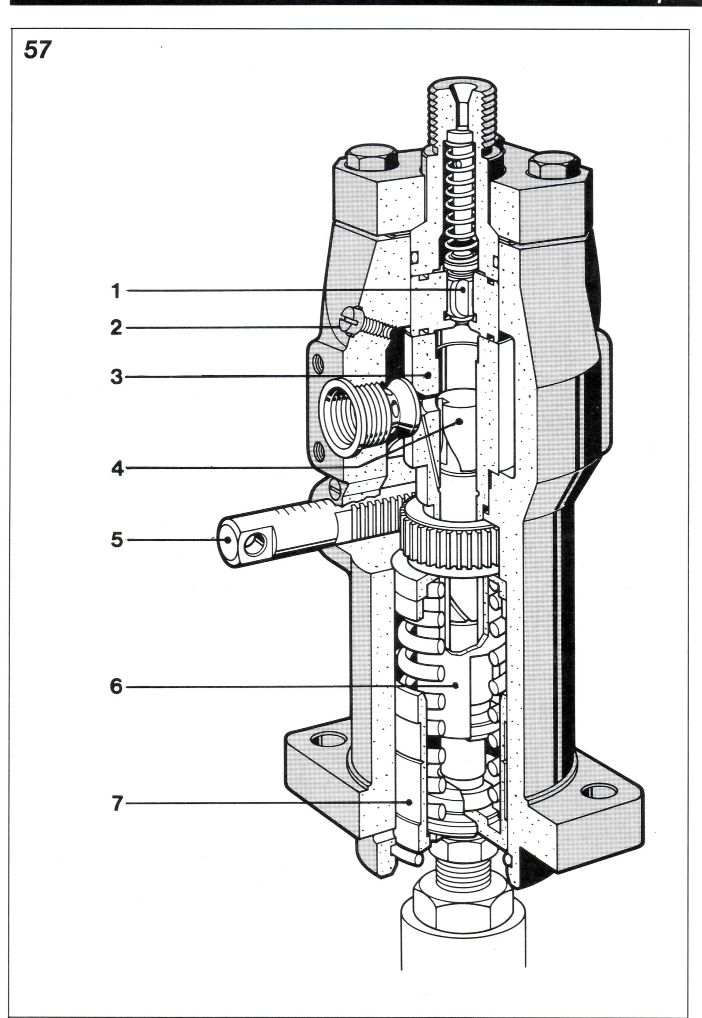



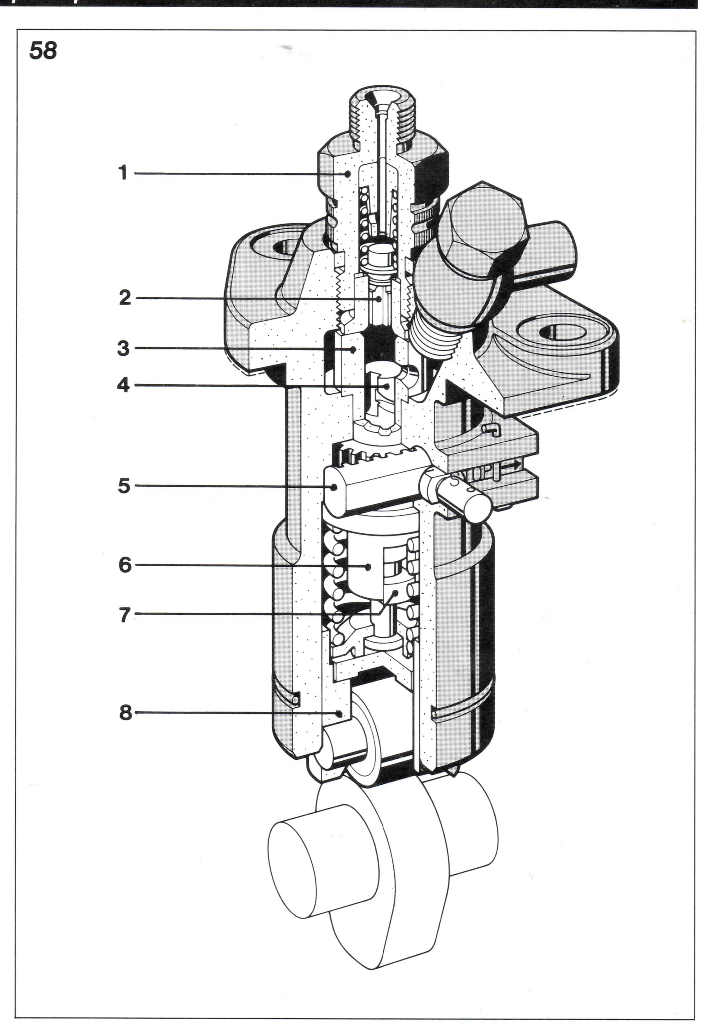

***Bild 55 Einspritzpumpe Typ PFE 1 Q.***

***Bild 56 Schnittbild Typ PFE 1 Q.***
*1 Druckventil, 2 Druckventilhalter, 3 Gehäuse, 4 Pumpenzylinder, 5 Pumpenkolben, 6 Regelhülse, 7 Kolbenfeder.*

## PF-Pumpe mit Rollenstößel

Auch innerhalb der PFR-Einspritzpumpen-Baureihe ist ein breit gefächertes Anwendungsspektrum gegeben. Zum Beispiel die PFR 1 K, die für Spitzendrücke bis zu 500 bar geeignet ist.
Durch die Weiterentwicklung mittelschnellaufender Dieselmotoren zu höheren Zylinderleistungen werden auch an die Einspritzausrüstung immer höhere Anforderungen gestellt. Die Pumpen der neuen Modellreihe PFR werden dieser Entwicklung gerecht. Sie sind für Spitzendrücke bis zu 1000 bar ausgelegt. Um diesen hohen Spitzendruck zu erreichen, war es notwendig, den Rollendurchmesser und die Rollenbreite zu vergrößern.
Der Pumpensaugraum ist in das Gehäuse eingearbeitet und wird durch Prallschrauben von der beim Aufsteuern freiwerdenden Energie geschützt. Sie sind zugleich Anschlußeinheiten für den Kraftstoffzu- und -rücklauf.
Über die Ventilgruppe und den Druckventilhalter wird mit einer Flanschbrücke der Elementverband gegen die Schulterauflage des Pumpengehäuses gepreßt. Hierbei sind Zylinder, Ventilgruppe und Druckventilhalter über geläppte Planflächen hochdruckdicht verbunden. Der anfallende Leckkraftstoff fließt von einem Ringkanal durch eine Rücklaufbohrung in den Saugraum zurück. Um eine Verdünnung des Schmieröls mit dem Dieselkraftstoff zu vermeiden, besteht die Möglichkeit einer Lecksperre.
Bei der PFR-Einspritzpumpe ist der Einbau eines Gleichdruckentlastungsventils möglich. Es kann aber auch bei den anderen PF-Einspritzpumpen, abhängig von den Betriebsbedingungen des Motors, verwendet werden. Es setzt sich aus dem Rückschlagventil und dem Rückströmventil zusammen. Während der Förderphase ist das Rückschlagventil geöffnet und der Kraftstoff wird zur Einspritzdüse gefördert. Beim Förderende wird das Rückschlagventil durch Federkraft geschlossen und anschließend das Hochdrucksystem über das Rückströmventil entspannt. Durch den Schließdruck des Rückströmventils wird der Standdruck in der Einspritzleitung unabhängig von Last und Drehzahl konstant gehalten.



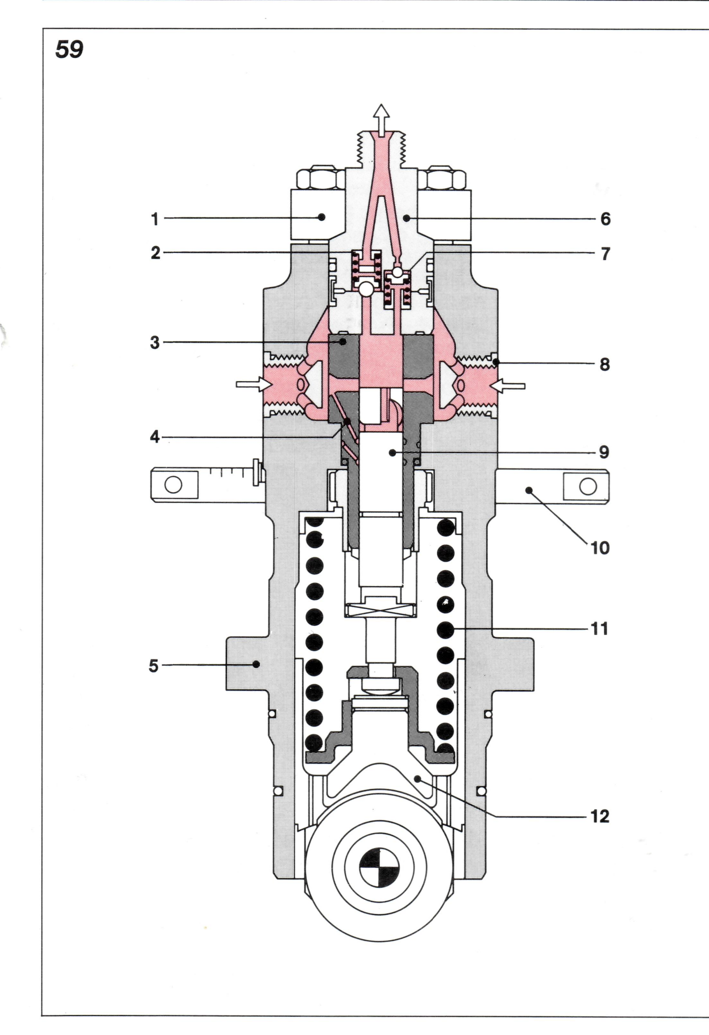
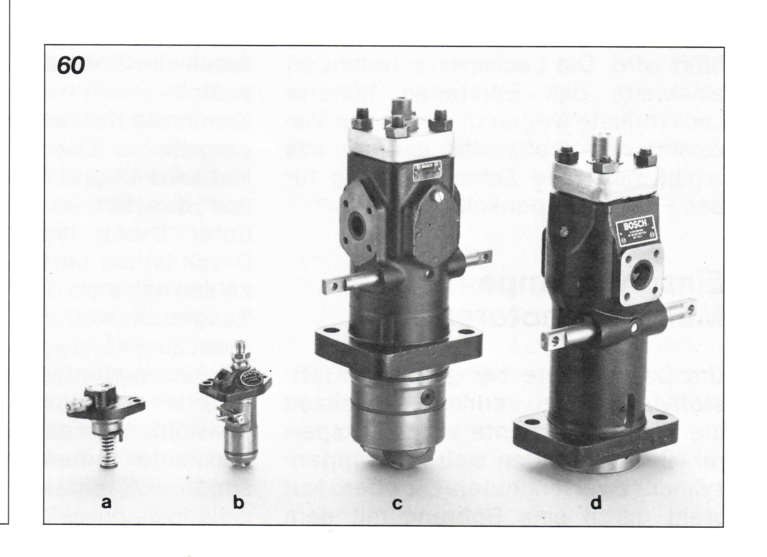




**Bild 57 Schnittbild Typ PF 1 D.**
*1 Druckventil, 2 Entlüftungsschraube, 3 Pumpenzylinder, 4 Pumpenkolben, 5 Regelstange, 6 Regelhülse, 7 Führungsbuchse.*

**Bild 58 Schnittbild Typ PFR 1 K.**
*1 Druckventilhalter, 2 Druckventil, 3 Pumpenzylinder, 4 Pumpenkolben, 5 Regelstange, 6 Regelhülse, 7 Kolbenfahne, 8 Rollenstößel.*

**Bild 59 Schnittbild Typ PFR 1 W.**
*1 Flansch, 2 Rückschlagventil, 3 Pumpenzylinder, 4 Leckrückführung, 5 Befestigungsflansch, 6 Gleichdruckventil, 7 Rückströmventil, 8 Prallschrauben, 9 Pumpenkolben, 10 Regelstange, 11 Kolbenfeder, 12 Rollenstößel.*

**Bild 60 Größenvergleich der PF-Einspritzpumpen.**
*a Typ PFE 1 Q, b Typ PFR 1 K, c Typ PFR 1 W, d Typ PF 1 D.*



# Pumpen für Mehrstoffmotoren

Einspritzpumpen für Mehrstoffmotoren sind an die unterschiedlichen Kraftstoffeigenschaften angepaßt.

Sonderbauarten von Dieselmotoren können außer mit Dieselkraftstoff auch mit anderen Kraftstoffen wie z. B. Benzin und Petroleum betrieben werden. Der Übergang von einer Kraftstoffsorte auf die andere erfordert jedoch Anpassungsmaßnahmen an die Kraftstoffzuteilung, damit keine zu großen Leistungsunterschiede auftreten.
Die wichtigsten unterschiedlichen Kraftstoffmerkmale sind: Viskosität, Siedepunkt, Schmierfähigkeit, Dichte und Selbstzündpunkt. Damit diese Eigenschaften optimal ausgenützt werden können, sind konstruktive Maßnahmen an Einspritzausrüstung und Motor notwendig.
Wegen des niedrigeren Siedepunktes der verwendbaren Kraftstoffe wird der Saugraum der Einspritzpumpe intensiver und unter höherem Druck durchspült. Bei Kraftstoffen geringer Dichte (Benzin) wird durch einen umschaltbaren Regelstangenanschlag die Vollastmenge vergrößert.

## Förderpumpe für Mehrstoffmotoren

Den unterschiedlichen Betriebsbedingungen entsprechend weicht die Förderpumpe konstruktiv von der Normalausführung ab. Sie wird über eine Wärmeisolierscheibe an die Einspritzpumpe angebaut, um die Temperatur möglichst niedrig zu halten. Des weiteren ist sie, wie die Einspritzpumpe, mit einer Lecksperre versehen. Diese besteht aus einer Ringnut im Pumpengehäuse, der gefiltertes Öl aus dem Schmierkreislauf des Motors zugeführt wird. Die Lecksperre verhindert einerseits das Entstehen höherer Leckverluste wegen der geringen Viskosität des Kraftstoffs, andererseits ergibt sich eine Schmierwirkung für den Förderpumpenkolben.

## Einspritzpumpe für Mehrstoffmotoren

Um Leckverluste bei geringer Kraftstoffviskosität zu verhindern, besitzen die Pumpenelemente eine Lecksperre. Hierzu befinden sich im Pumpenzylinder zwei Ringnuten. Die obere Nut steht durch eine Bohrung mit dem Saugraum der Pumpe in Verbindung. Der beim Druckhub zwischen Kolben und Zylinder durchleckende Kraftstoff entspannt sich in dieser Nut und fließt durch die Bohrung in den Saugraum zurück.
Die untere Nut besitzt eine Zulaufbohrung für die Sperrflüssigkeit. In diese Nut wird Öl aus dem Schmierölkreislauf des Motors über ein Feinfilter unter Druck hineingepreßt. Dieser Druck ist bei normalen Betriebsdrehzahlen höher als der Kraftstoffdruck im Saugraum, wodurch das Pumpenelement zuverlässig abgedichtet wird. Ein Rückschlagventil verhindert das Übertreten von Kraftstoff in den Schmierölkreislauf, wenn der Überdruck im Leerlauf unter einen bestimmten Wert sinkt.

61

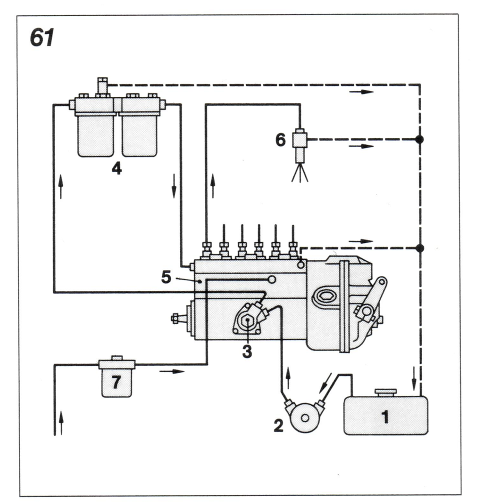



**Bild 61 Einspritzanlage für Mehrstoffmotor.** *1 Kraftstoffbehälter, 2 Vorförderpumpe, 3 Förderpumpe, 4 Kraftstoffilter, 5 Einspritzpumpe, 6 Einspritzdüse, 7 Schmierölfilter, —— druckführend, --- drucklos.*

62

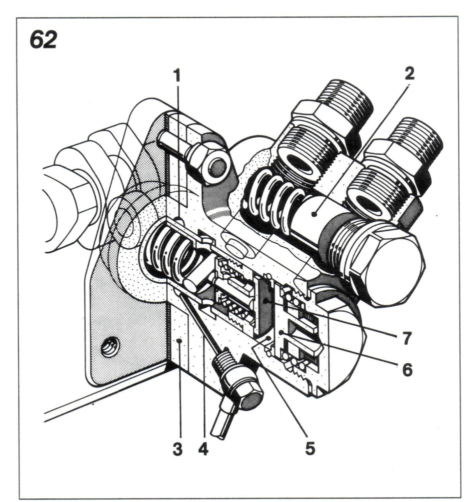



**Bild 62 Förderpumpe für Mehrstoffbetrieb.** *1 Lecksperre, 2 Ausgleichskolben, 3 Wärmeisolierung, 4 Sperrölzulauf, 5 Druckraum, 6 Rückschlagventil (Druckseite), 7 Rückschlagventil (Saugseite).*

63

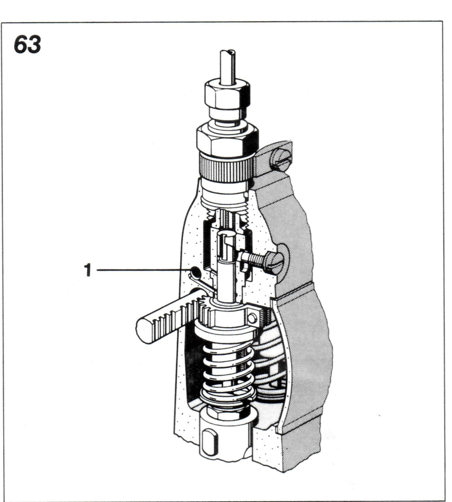



**Bild 63 Schnittbild einer Einspritzpumpe für Mehrstoffbetrieb.** *1 Zulaufbohrung für Sperröl zur Sperrnut.*

64

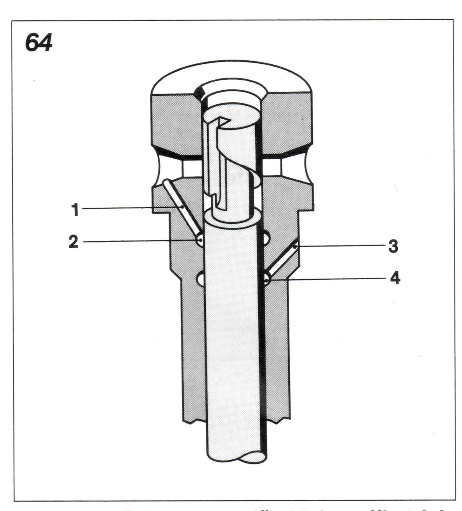



**Bild 64 Pumpenelement für Mehrstoffbetrieb.** *1 Leckrückführung, 2 Lecknut, 3 Sperrölzulauf, 4 Sperrnut.*

# Betrieb der Einspritzpumpe

Für störungsfreien Betrieb muß die Einspritzpumpe richtig eingestellt, entlüftet und an dem Motorschmierölkreislauf angeschlossen sein.

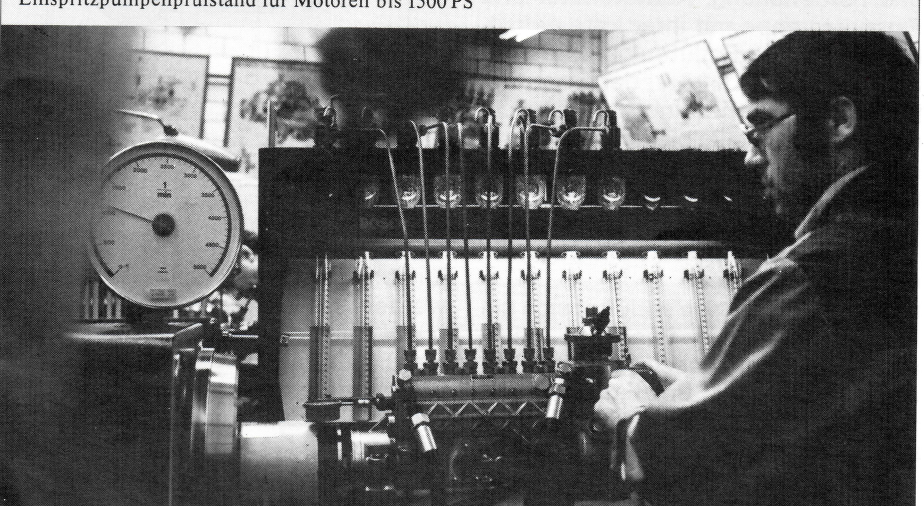
Vor der Inbetriebnahme der Einspritzpumpe muß die Einspritzanlage entlüftet werden. Die Einspritzpumpe muß an dem Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen sein oder mit einer Ölfüllung versehen werden. Außerdem muß der Förderbeginn der Einspritzpumpe mit der Förderbeginnmarkierung des Motors übereinstimmen. Die Einstellwerte werden im Motorversuch festgelegt.

## Einstellen der Einspritzpumpe

**Auf dem Prüfstand**
Die Einstellung der einzelnen Pumpenelemente zueinander auf gleichen Vorhub und gleiche Fördermenge wird auf einem Bosch-Einspritzpumpen-Prüfstand vorgenommen. Auch die Kontrolle und die Einstellung des Drehzahlreglers und des Spritzverstellers erfolgt hier.
Die Bosch-Einspritzpumpen-Prüfstände verfügen hierzu über die notwendigen Meßeinrichtungen und lassen sich stufenlos in der Drehzahl verstellen.
Für alle Bosch-Einspritzpumpen gibt es Instandsetzungs- und Prüfanleitungen sowie Prüfwerte, die auf die Prüfstände abgestimmt sind und alle für den Wartungs- und Instandsetzungsfall notwendigen Angaben enthalten.



Einspritzpumpenprüfstand für Motoren bis 1500 PS

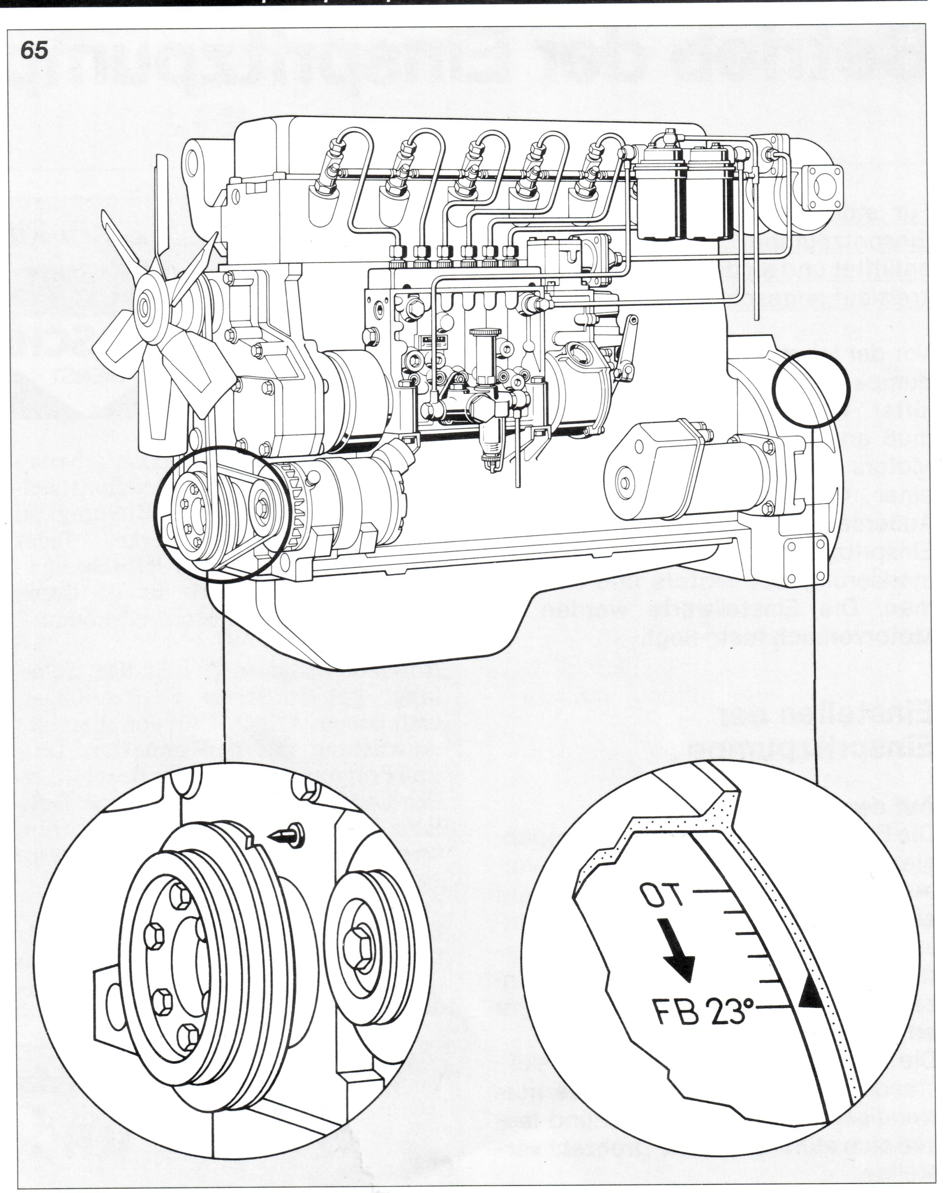


**Am Motor**
Zum Einstellen der Einspritzpumpe zum Motor dient die Markierung des Förderbeginns, die sich am Motor und an der Einspritzpumpe befindet. Normalerweise wird der Kompressionshub des Motorzylinders 1 zugrunde gelegt, jedoch können aus motorspezifischen Gründen auch andere Möglichkeiten Verwendung finden. Die Angaben der Motorhersteller sind daher zu beachten.
Die Förderbeginnmarkierung befindet sich beim Dieselmotor meistens an der Schwungmasse, an der Keilriemenscheibe oder am Schwingungsdämpfer. Bei der Einspritzpumpe ist Förderbeginn für Pumpenzylinder 1, wenn die Markierung auf der nicht verstellbaren Kupplungshälfte bzw. am Spritzversteller sich mit der Strichmarke am Pumpengehäuse deckt. Bei den Flanschpumpen befinden sich die Markierungen an dem Antriebszahnrad und an dem Steckritzel.
Lage, Anordnung und Bezeichnung der Motorzylinder werden von dem Motorhersteller angegeben und sind in jedem Fall zu beachten. Der Pumpenzylinder 1 liegt dem Einspritzpumpenantrieb am nächsten. Vor dem Anbau muß die Förderbeginnmarkierung an der Einspritzpumpe in Drehrichtung mit der Strichmarke am Gehäuse zur Deckung gebracht werden, bzw. der Förderbeginn nach der Hochdruck-Überlaufmethode eingestellt werden.

## Entlüften der Einspritzanlage

Luftblasen im Kraftstoff können den Betrieb der Einspritzpumpe beeinträchtigen oder gar unmöglich machen. Eine vorübergehend stillgesetzte oder neu in Betrieb zu nehmende Anlage ist daher besonders sorgfältig zu entlüften.
Ist an der Förderpumpe eine Handpumpe vorhanden, so werden Saug- und Förderleitung, Kraftstoffilter und Einspritzpumpe mit ihrer Hilfe gefüllt. Dabei sind die Entlüftungsschrauben am Filterdeckel und an der Einspritzpumpe so lange geöffnet zu halten, bis der Kraftstoff völlig blasenfrei austritt. Die Regelstange ist dabei in die Stopstellung zu bringen.
Bei Filterwechsel oder Arbeiten an der Einspritzpumpe ist stets am Ende die Anlage zu entlüften.
Im laufenden Betrieb entlüftet sich die Anlage zuverlässig über das Überströmventil am Bosch-Kraftstoffilter (Dauerentlüftung). Bei Einspritzpumpen ohne Überströmventil befindet sich an dessen Stelle eine Drossel.

65




66

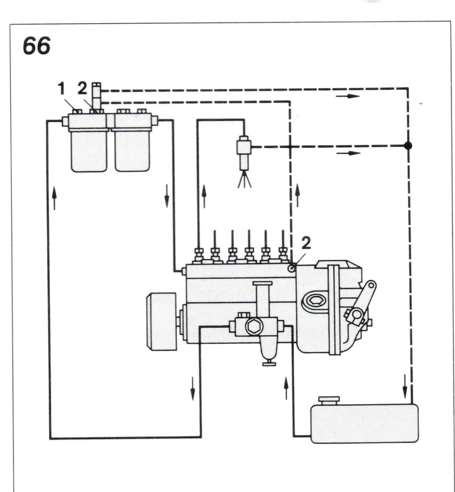



***Bild 65 Bezugsmarken am Dieselmotor zum Einstellen der Einspritzpumpe.***

***Bild 66 Einspritzanlage mit Spülung des Pumpensaugraumes.***
*1 Entlüftungsschraube, 2 Überströmventil bzw. Drossel, ——— druckführend, - - - drucklos.*

## Schmierung

Einspritzpumpen und Drehzahlregler werden vorzugsweise an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen. Bei dieser Schmierungsart ist die Einspritzpumpe wartungsfrei.
Das gefilterte Motoröl wird über eine Druckleitung durch eine Zulaufbohrung über den Rollenstößelspalt oder durch ein besonderes Ölzulaufventil der Einspritzpumpe und dem Regler zugeführt. Der Schmierölrücklauf zum Motor erfolgt bei Boden- bzw. Wannenbefestigung der Einspritzpumpe durch eine Rücklaufleitung, bei Befestigung durch einen Stirnflansch über die Nockenwellenlagerung oder besondere Bohrungen.
Vor der ersten Inbetriebnahme müssen Pumpe und Regler mit demselben Schmieröl wie der Motor gefüllt werden.
Bei Einspritzpumpen ohne Anschluß an den Motorölkreislauf wird das Schmieröl nach Abnehmen der Entlüftungskappe oder dem Entlüftungsfilter am Verschlußdeckel eingefüllt. Die Ölstandskontrolle erfolgt gleichzeitig mit dem vom Motorhersteller vorgeschriebenen Motorölwechsel durch Lösen der Ölkontrollschraube am Regler. Überschüssiges Öl (durch Leckkraftstoff vermehrt) wird abgelassen,

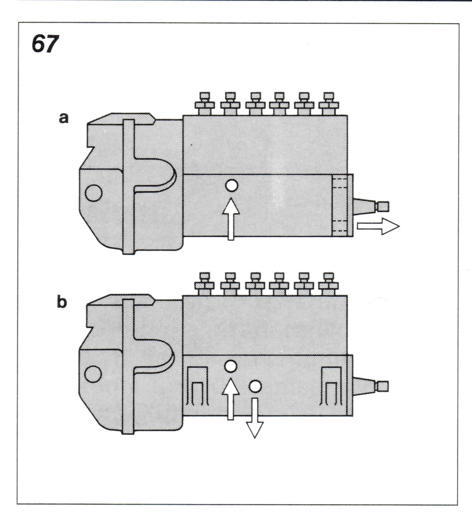



**Bild 67 Schmierung der Einspritzpumpe.**
*a Rücklauf über Flanschlager ohne Wellendichtung, b Rücklauf über Rücklaufleitung.*

fehlendes ergänzt. Beim Ausbau der Einspritzpumpe oder bei der Motor-Grundüberholung wird ein Schmierölwechsel durchgeführt.
Pumpen und Regler mit getrenntem Ölhaushalt besitzen zur Ölstandskontrolle je einen Pegelstab.

## Stillegen der Einspritzpumpe

Muß der Motor und damit auch die Einspritzpumpe für längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden, so darf kein Dieselkraftstoff in der Einspritzpumpe verbleiben. Durch die Verharzung des Dieselkraftstoffes würden die Pumpenkolben und die Druckventile verkleben und eventuell korrodieren. Deshalb wird der im Tank befindliche Dieselkraftstoff mit einem Zusatz von 5...10% eines zuverlässigen Rostschutzöls versehen. Denselben Zusatz an Rostschutzöl erhält auch das Schmieröl im Nockenraum der Pumpe. Anschließend erfolgt ein 15 Minuten langer Reinigungslauf. Dadurch werden die letzten Reste des normalen Kraftstoffes aus der Einspritzpumpe gespült, wodurch ein guter Schutz gegen Verklebung und Korrosion erreicht wird.
Neue Einspritzpumpen sind werksseitig mit einem wirksamen Korrosionsschutz versehen.

### Starthilfsmittel für Dieselmotoren

# Wärme-Therapie

**Für viele Dieselfahrer beginnt der morgendliche Kaltstart mit einer kurzen Weile der Andacht, 10 bis 30 Sekunden Vorglühen lassen sich bei einer großen Anzahl von Motoren dieses Arbeitsprinzips nicht vermeiden. Denn die Arbeitsweise als Selbstzünder setzt nun einmal beträchtlich hohe Temperaturen im Verbrennungsraum voraus (700 bis 900 Grad Celsius), die sich nicht bei jedem Dieselmotor und bei jeder Außentemperatur schon nach der ersten Starterumdrehung einstellen.**

Schuld an der morgendlichen Unlust von Dieselmotoren ist in erster Linie die geringe Temperatur der angesaugten Frischluft, die nur dann während des Verdichtungshubs ausreichend stark erwärmt werden kann, wenn das Verdichtungsverhältnis des Motors relativ hoch gewählt wurde. Da bei manchen Dieselmotoren die Verdichtung jedoch im Interesse einer größeren Laufkultur relativ niedrig angesetzt wird, müssen die Konstrukteure den Einsatz von Starthilfen in Kauf nehmen.

Als hilfreiche Wärmespender während des Kaltstarts dienen in den meisten Fällen sogenannte Glühkerzen, die aus dem Bordnetz elektrisch beheizt werden.

**Das traditionelle Vorglühen**
Viele Motoren haben die seit Jahrzehnten bewährte und im Laufe der Zeit kaum veränderte Glühdrahtkerze, die sich als kostengünstige Lösung erwiesen hat. Als Heizelement dient bei dieser Konstruktion ein Glühdraht, der unmittelbar in den Brennraum (Vorkammer) ragt. Die traditionelle Glühdrahtkerze benötigt jedoch bei sehr niedrigen Temperaturen der Ansaugluft eine lange Vorglühzeit, die bis zu 30 Sekunden dauern kann.

**Besserer Wirkungsgrad**
Als Konkurrent dieser bewährten Lösung tauchte vor einigen Jahren die Glühstiftkerze auf. Die Glühstiftkerze wurde speziell für schnellaufende Dieselmotoren entwickelt, sie ist unempfindlicher gegenüber kritischen Betriebszuständen, zum Beispiel „harten“ Verbrennungen, und erreicht einen besseren Wirkungsgrad. Während bei einer Glühstiftkerze 90 Prozent der dem Bordnetz entnommenen elektrischen Energie umgesetzt werden, sind es bei einer Anlage mit Glühdrahtkerzen nur etwa 35 Prozent.

Zur Verbesserung des Startverhaltens von Dieselmotoren mit Direkteinspritzung bei extrem niedrigen Temperaturen sind andere Hilfsmittel erforderlich, die immer zum Ziel haben, die Luft im Ansaugrohr zu erwärmen. Als relativ einfache Lösung bietet sich hier das Heizrohr bzw. der Heizflansch an. Für die nötige Wärme sorgt in diesem Fall immer eine elektrische Heizwendel, deren Energiebedarf zwar beträchtlich, doch deren Wirkung recht begrenzt ist, so daß diese Lösung nur für Motoren mit relativ kleinem Hubraum - zwei, maximal drei Liter - sinnvoll ist.

Weit effektiver sind sogenannte Flammanlagen, die mit einer speziellen Variante der Glühstiftkerze arbeiten. Der im Ansaugrohr angeordneten Flammglühstiftkerze wird über eine gesonderte Leitung Kraftstoff zugeführt, der sich am 1000° C heißen Heizkörperende entzündet und die Ansaugluft entsprechend nachhaltig erwärmt.

**Verbesserung des Startverhaltens**
Alle diese bisher üblichen Vorglühanlagen konnten jetzt durch die Entwicklung der Rapid-Kerze - R-Glühstiftkerze - verbessert werden. Aufgrund eines speziellen Werkstoffes für den Heizdraht kann die Startbereitschaft bereits nach 15 bis 20 Sekunden erreicht werden. Der Fahrer betätigt den Starter - wie bisher auch - nachdem die Kontrollampe die Startbereitschaft anzeigt.

**Näher zum Benziner**
Noch einen Schritt näher an den Startvorgang beim Benziner bringt die Vorglühautomatik den Diesel. Hier erfolgt das Vorglühen nicht mehr durch umständliches Halten eines Schalters oder Zugknopfes, sondern durch eine automatisch arbeitende Relais-Handschaltung mit Thermo-Zeiteffekt. Bei Betätigung des Startschalters sorgt ein Relais dafür, daß die Glühkerzen an den Batteriestrom angeschlossen werden und zugleich die Kontrollampe aufleuchtet. Bei Erlöschen der Kontrollampe kann dann der Motor durchgestartet werden.

**Die Diesel-Gedenkminute gehört der Vergangenheit an. Bestenfalls könnte man noch von Gedenk-Sekunden sprechen. Die Kombination von Zünd/Anlaßschloß mit Vorglühautomatik bringt den Diesel einen weiteren Schritt näher an den Benzinalltag.**

## Zusammenfassung

1. Der Dieselmotor saugt beim Saughub nur Luft an. Während des Verdichtungshubes erhitzt sich die Luft. Der eingespritzte Dieselkraftstoff entzündet sich an der erhitzten Luft.

2. In Verbrennungsmotoren entstehen durch die unvollkommene Verbrennung schädliche Abgase. Der Dieselmotor zeichnet sich jedoch gegenüber dem Ottomotor durch ein besseres Abgasverhalten aus.

3. Eine Förderpumpe saugt den Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter an und fördert ihn unter Druck durch das Kraftstoffilter in den Saugraum der Einspritzpumpe.

4. Ein Kraftstoffilter hält Verunreinigungen des Kraftstoffs zurück. Die Qualität des Filters entscheidet über die Lebensdauer der Einspritzpumpe.

5. Das Einspritzen des Kraftstoffs in genau dosierter Menge und zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgt durch die Einspritzausrüstung.

6. Der Düsenhalter dient zum Befestigen der Einspritzdüse im Zylinderkopf des Motors. Er stellt die Verbindung zu den Kraftstoffleitungen her und enthält eine Feder, die den Düsenöffnungsdruck bestimmt.

7. Die Einspritzdüse spritzt den Kraftstoff in den Verbrennungsraum. Sie wird vom Kraftstoffdruck gesteuert, der beim Nutzhub der Einspritzpumpe entsteht.

8. Die Pumpenkolben der Reiheneinspritzpumpen PE werden durch eine eigene Nockenwelle angetrieben (E = eigene Nockenwelle).

9. Die Pumpenelemente arbeiten nach dem Überströmprinzip mit Schrägkantensteuerung.

10. Die Kraftstofförderung von Einspritzpumpen ist ein dynamischer Vorgang. Sie setzt sich aus mehreren Hubphasen zusammen. Der zum Einspritzen notwendige Druck wird von der Kolbenpumpe erzeugt.

11. Das Druckventil entlastet die Druckleitung und hält einen Restdruck in der Druckleitung aufrecht.

12. Die Fördermenge wird durch Verändern des Nutzhubes gesteuert. Dies erfolgt durch den Drehzahlregler über die Regelstange.

13. Die Regelstange, vom Drehzahlregler betätigt, dreht die Regelhülse. Die Regelhülse überträgt diese Drehbewegung über einen Mitnehmer (die Kolbenfahne) auf den Kolben.

14. Die Regelstangen-Anschläge begrenzen die Vollastmenge der Einspritzpumpe.

15. Die Regelung der eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgt durch mechanische oder pneumatische Drehzahlregler.

16. Jeder Drehzahlregler hat die Aufgabe, den Motor vor dem Überdrehen zu schützen.

17. Als Zündverzug bezeichnet man die Zeitspanne zwischen Einspritzbeginn und Entzündung des Kraftstoffes. Der Einspritzbeginn kann durch einen Spritzversteller drehzahlabhängig vorverlegt werden.

18. Die Einspritzpumpen Typ PF haben keine eigene Nockenwelle (F Fremdantrieb).

19. Einspritzpumpen für Mehrstoffmotoren sind an die unterschiedlichen Kraftstoffeigenschaften angepaßt.

20. Für störungsfreien Betrieb muß die Einspritzpumpe richtig eingestellt, entlüftet und an den Motorschmierölkreislauf angeschlossen sein.

# Fachwörter

*Abgas*
Auspuffgas von Verbrennungsmotoren, bestehend aus dem Stickstoff der durchgesetzten Luft und aus Verbrennungsprodukten des Kraftstoffs sowie des verwendeten Schmieröls.

*Abregelung*
Verringerung der → Fördermenge durch den Regler bei Überschreitung einer vorgegebenen Drehzahl.

*Absteuervorgang (Förderende)*
Freigeben der → Steuerbohrungen durch die → Steuerkante des Pumpenkolbens.

*bar*
Druckeinheit
1 bar = $10^5$ N/m$^2$.

*Cetan*
Bestandteil von → Dieselkraftstoffen. Je mehr Cetan im Kraftstoff ist, desto zündwilliger ist er. Chemische Formel von Cetan: $C_{16}H_{34}$ (Hexadekan).

*Cetanzahl*
Maß der Zündwilligkeit von → Dieselkraftstoffen. Je größer die Cetanzahl, desto zündwilliger ist der Kraftstoff.

*Dieselkraftstoff*
Dieselkraftstoff ist ein Gemisch aus verschiedenartigen, etwa zwischen 200 und 360°C siedenden Kohlenwasserstoffen, die bei der Destillation oder beim Kracken des Erdöls anfallen. Er ist für den Betrieb von Dieselmotoren geeignet.

*Dieselmotor*
Verbrennungsmotor, bei dem der in den Verbrennungsraum eingespritzte Kraftstoff sich an der Luftladung entzündet, nachdem diese durch die Verdichtung auf eine für die Einleitung der Zündung hinreichend hohe Temperatur gebracht worden ist.

*Dieselrauch*
Mikroskopisch kleine → Rußpartikel im → Abgas von → Dieselmotoren, durch das Auge als Rauch erkennbar. Die Rauchzahl oder → Schwärzungszahl ist ein Maß der ausgeschobenen Dieselrauchmenge je Prüfzyklus.

*Direkteinspritzmotor*
Der Kraftstoff wird beim Direkteinspritzmotor in den nicht unterteilten → Verbrennungsraum eingespritzt.

*Druckkammer*
Unter der → Druckschulter der Düsennadel liegender Raum in der Einspritzdüse, in dem der Kraftstoffdruck wirksam wird, der die Düsennadel anhebt.

*Druckleitung*
Leitung zwischen → Druckventilhalter an der Einspritzpumpe und Düsenhalter.

*Druckventil*
In der → Einspritzpumpe eingebautes → Rückschlagventil mit → Entlastungskolben, das von dem Kraftstoffdruck gesteuert wird.

*Druckventilhalter*
In die Einspritzpumpe eingeschraubter Gewindestutzen, der das → Druckventil hält und zum Anschluß der → Druckleitung dient.

*Düse*
→ Einspritzdüse.

*Düsenhalterkombination*
Die Düsenhalterkombination setzt sich aus dem → Düsenhalter und der → Einspritzdüse zusammen. Er ist im Zylinderkopf eingebaut.

*Düsenhalter*
Der Düsenhalter besteht aus Haltekörper, Zwischenscheibe, Düsenspannmutter, Druckbolzen, Druckfeder, Druckeinstellscheiben und Fixierstiften. Mit der → Einspritzdüse bildet er die → Düsenhalterkombination.

*Düsenkörper*
Der Düsenteil, der die Führung für die → Düsennadel, den Nadelsitz und die Öffnung für den Düsenstrahl enthält.

*Düsennadel*
Bewegliches zylinderförmiges Teil, dessen Ende zusammen mit dem Nadelsitz im → Düsenkörper ein Ventil bildet.

*Düsenöffnungsdruck*
Der Druck in der Düse, der das Öffnen der Düsennadel – bestimmt durch die Federvorspannung – herbeiführt.

*Düsenschließdruck*
Druck in der Düse, bei der das Schließen der Düsennadel – bestimmt durch die Federkraft – erfolgt.

*Einlochelement*
→ Pumpenelement mit nur einer Bohrung im Zylinder, die als Zulauf- und Steuerbohrung dient.

*Einspritzdruck*
Druck, mit dem der Kraftstoff in den → Verbrennungsraum des Motors eingespritzt wird. Der notwendige maximale Einspritzdruck (Spitzendruck) ist abhängig vom → Verbrennungsverfahren.

*Einspritzdüse*
Teilegruppe, bestehend aus → Düsenkörper und → Düsennadel, für die Zuführung und Zerstäubung von Kraftstoff in den Brennraum des → Dieselmotors.

*Einspritzfolge*
Reihenfolge, in der die einzelnen → Pumpenelemente fördern (entsprechend der Zündfolge des Motors).

*Einspritzmenge*
Die Kraftstoffmenge, die von einer Einspritzanlage dem Motor pro Zylinder und Arbeitsspiel zugemessen wird.

*Einspritzpumpe*
Vom Motor angetriebene Pumpe, die den → Kraftstoff zumißt und unter Druck über → Druckleitung, → Düsenhalter und → Einspritzdüse in den Verbrennungsraum einspritzt.

*Einspritzrate*
Die in einen Zylinder eingespritzte Kraftstoffmenge pro Grad Nockenwinkel (mm$^3$/°NW).

*Einspritzverlauf*
Verlauf der momentanen → Einspritzmenge (mm$^3$) während der → Spritzzeit (gemessen in °NW).

*Emission*
Ausstoß von → Schadstoffen mit dem → Abgas.

*Entlastungshub*
Weg des → Pumpenkolbens vom Ende des → Vorhubes bis zum Öffnen des Druckventils.

*Entlastungskolben*
Ringförmiger Bund am → Druckventil.

*Entlastungsvolumen*
Unter Entlastungsvolumen versteht man das Volumen, um das die Einspritzleitung beim Schließen des → Druckventils entlastet wird.

*Entlüften*
Verdrängen der Luft in der Einspritzanlage durch Einpumpen von → Kraftstoff und Ableiten der Luft durch Entlüftungsschrauben.

*Fahrpedal*
Pedal zur Veränderung der Motordrehzahlen bei Alldrehzahlreglern bzw. zur Veränderung der Einspritzmenge bei Leerlauf- und Enddrehzahlregler.

*Feinfilter*
→ Kraftstoffilter mit feinporigem Filterkörper, meist feinporöses Papier.

*Fliehgewicht*
Fliehgewichte erzeugen mit zunehmender Drehzahl → Fliehkräfte, die gegen eine Federkraft wirken und dabei eine Verstelleinrichtung betätigen.

*Fliehkraft*
Die bei einer Drehbewegung vom Mittelpunkt radial nach außen wirkende Kraft.

*Förderbeginn*
Beginn der Kraftstofförderung, wenn die → Steuerbohrung im Pumpenzylinder durch den Kolben geschlossen wird.

*Förderende*
Das Förderende ist erreicht, wenn die → Steuerbohrung durch die Steuerkante des Kolbens geöffnet wird.

*Fördermenge*
Die von der → Einspritzpumpe pro Zylinder geförderte Kraftstoffmenge.

*Förderpumpe (mechanisch)*
Von der → Nockenwelle der Einspritzpumpe angetriebene Pumpe, die den → Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter saugt und in den → Saugraum der Einspritzpumpe fördert.

*Förderrate*
Die Menge, die vom → Pumpenkolben mit einem bestimmten Durchmesser, → Nutzhub und Nockenform theoretisch pro Grad Nockenwinkel gefördert wird ($mm^3$/°NW).

*Gesamthub*
Kolbenhub zwischen → UT und → OT.

*Handpumpe*
Dient zum erstmaligen Füllen der Einspritzanlage bei → Dieselmotoren bzw. zur Entlüftung der Anlage nach Eingriff oder Instandsetzung.

*Höchste Vollastdrehzahl $n_{VH}$*
Höchste Drehzahl der Vollastkurve. Entspricht beim Fahrzeugmotor der Nenndrehzahl $n_N$.

*Kolbenfahne*
Teil des → Pumpenkolbens, das in der → Regelhülse geführt wird und die Drehbewegung der Regelhülse auf den Pumpenkolben überträgt.

*Kolbenfeder*
Schraubenfeder zur Rückführung des Pumpenkolbens nach dem → Gesamthub.

*Kompressionshub*
(→ Verdichtungshub [Motor])
Weg des Kolbens von UT nach OT bei geschlossenem Einlaß- und Auslaßventil.

*Kraftstoff*
→ Dieselkraftstoff.

*Kraftstoffilter*
Dient dazu, Verunreinigungen im Kraftstoff auszuscheiden. In den meisten Fällen Papierfilter.

*Leckkraftstoff*
Der während des Kolbenhubes zwischen → Pumpenkolben und → Pumpenzylinder zur Schmierung erforderliche → Kraftstoff, bzw. zwischen → Düsennadel und → Düsenkörper.

*Leckkraftstoffrückführung*
Ringnut und schrägaufsteigende Bohrung im Pumpenzylinder zur Rückführung des → Leckkraftstoffs in den → Saugraum der Einspritzpumpe.

*Lecksperre*
Mit Drucköl gefüllte Ringnut im Pumpenzylinder zur Abdichtung des Pumpenkolbens gegen durchleckenden Kraftstoff.

*Mehrstoffmotor*
Verbrennungsmotor, der mit verschiedenen → Kraftstoffen betrieben werden kann. Diese Kraftstoffe können sich in → Zündwilligkeit und Siedeverlauf stark unterscheiden.

*Motorschmierung*
Schmierung der → Einspritzpumpe durch Anschluß an den Schmierkreislauf des Motors.

*Nachspritzen*
Ungenügend zerstäubter Kraftstoff, der nach dem Einspritzvorgang aus der → Einspritzdüse austritt.

*Nockenwelle*
Antriebswelle mit Kurvenscheiben, deren Profile sich aus Kreisbögen oder anderen Kurventeilen und Geraden zusammensetzen. Dienen bei PE-Einspritzpumpen als Antrieb für die → Pumpenkolben.

*Nockenwellendrehzahl*
Anzahl der Umdrehungen der Nockenwelle in der Minute. Beim Viertaktmotor = ½ Kurbelwellendrehzahl, beim Zweitaktmotor = Kurbelwellendrehzahl.

*Nullförderung*
Wenn die Längsnut mit der → Steuerbohrung zusammentrifft, kommt keine Förderung von → Kraftstoff zustande.

*Nutzhub*
Weg des → Pumpenkolbens vom Ende des → Entlastungshubes bis zum Öffnen der → Steuerbohrung des → Pumpenzylinders durch die → Steuerkante des Pumpenkolbens.

*Ölhaushalt (gemeinsamer)*
Versorgung des fliehkraftabhängigen Reglers mit Schmieröl vom Schmierölvorrat der → Einspritzpumpe.

*Ölkontrollschraube*
Schraube im Pumpen- oder Reglergehäuse zur Kontrolle bzw. Einstellung des Schmierölvorrats.

*OT Oberer Totpunkt*
Von der Kurbelwelle abliegender Umkehrpunkt des Kolbens.

*Pneumatischer Regler*
Eine auf die Differenz aus atmosphärischem Druck und dem Unterdruck in der Ansaugleitung des → Dieselmotors ansprechende Einrichtung, die die → Fördermenge der → Einspritzpumpe auf mechanischem Wege regelt.

*Pumpenelement*
Gepaarte Kombination von → Pumpenzylinder und → Pumpenkolben. Erzeugt den Hochdruck und fördert den → Kraftstoff zum Druckventil.

*Pumpenzylinder*
Zylinderförmiges Teil der → Einspritzpumpe, in dem der → Pumpenkolben bewegt wird und das die → Steuerbohrung enthält.

*Regelhülse*
Um den → Pumpenzylinder drehbar angeordnet, umfaßt mit dem unteren Ende die → Kolbenfahne und wandelt die Längsbewegung der → Regelstange in Drehbewegungen des Pumpenkolbens zur Regelung der → Fördermenge um.

*Regelstange*
Die Regelstange überträgt die Verstellsignale des Drehzahlreglers auf die Einspritzpumpe. Über Zahnritzel oder Lenkhebel auf der → Regelhülse wird die Fördermenge verstellt.

*Regler*
Drehzahlregler für → Einspritzpumpen entweder als fliehkraftabhängiger oder als → pneumatischer Regler. Zur automatischen Sicherung der → Leerlauf- und Enddrehzahl oder zur Einhaltung eingestellter Drehzahlen bei verschiedener Belastung.

*Resthub*
Weg des → Pumpenkolbens vom Ende → Nutzhub bis zum oberen Totpunkt.

*Rollenstößel*
Überträgt die Nockenhübe der Pumpen-Nockenwelle auf den Pumpenkolben. Die Rolle wälzt sich auf der Nockenbahn ab.

*Rückschlagventil*
Gestattet den Durchfluß in einer Richtung, schließt selbständig bei entgegengesetzter Strömungsrichtung.

*Ruß*
Verbrennungsprodukt kohlenstoffhal-

tiger Stoffe. Rußniederschlag an kalten Flächen oder im → Abgas von → Dieselmotoren ist ein Anzeichen ungenügender Verbrennung. Siehe auch → Dieselrauch.

*Saugraum (Einspritzpumpe)*
Der mit der Kraftstoffleitung verbundene Innenraum der → Einspritzpumpe, der die Pumpenelemente mit den → Zulauf- und → Steuerbohrungen umgibt.

*Schadstoffe*
Gesamtheit aller Stoffe, die den Organismus schädigen können sowie Geruchsbelästigung und Sichtbehinderung verursachen.
Als Schadstoffe im → Abgas gelten: Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Blei und Dieselrauch. Für die genannten Schadstoffe bestehen in verschiedenen Ländern gesetzlich verankerte Höchstgrenzen.

*Schmierölkreislauf des Motors (Druckumlaufschmierung)*
Ölpumpe saugt das Öl aus dem Kurbelgehäuse über ein Sieb an und drückt es über die Leitungen zu den Schmierstellen.

*Schwärzungszahl*
Maß für den mit dem → Abgas ausgestoßenen → Ruß, sichtbar als Rauch hinter dem Auspuff. Die Schwärzungszahl wird im Rauchtest ermittelt. Es sind Zahlen zwischen 0 und 10.

*Spitzendruck*
Der vor dem Öffnen der → Einspritzdüse in Abhängigkeit vom → Einspritzverlauf entstehende höchste Druck in der Druckleitung.

*Spritzbeginn*
Der Spritzbeginn ist der Zeitpunkt des tatsächlichen Austritts des → Kraftstoffs aus der → Einspritzdüse. Der Spritzbeginn eilt dem → Förderbeginn nach.

*Spritzfolge*
Reihenfolge, in der die einzelnen → Einspritzdüsen abspritzen. Richtet sich nach der → Zündfolge des Motors.

*Spritzverzug*
Zeitdauer, gewöhnlich in Grad Kurbelwinkel angegeben, die vom → Förderbeginn der → Einspritzpumpe bis zum tatsächlichen → Spritzbeginn an der → Einspritzdüse benötigt wird.

*Stabfilter*
Stabförmiges Spaltfilter, das zur Ausfilterung fester Bestandteile in den Anschlußstutzen für die → Druckleitung bei → Düsenhaltern eingebaut werden kann.

*Startmenge*
Größte eingestellte Fördermenge der Einspritzpumpe für den Start des Dieselmotors.

*Startnut*
Nut am oberen Teil des Kolbens, die einen späteren Förderbeginn beim Starten ergibt. Bei laufendem Motor unwirksam.

*Steuerbohrung*
Querbohrung im → Pumpenzylinder als Kraftstoffein- und -auslaß, die während der Förderung vom Kolben verschlossen ist und am → Förderende von der Steuerkante geöffnet wird.

*Steuerkante*
Schraubenlinienförmige oder nur schräge, gerade Ausfräsung am Mantel des → Pumpenkolbens.

*Sumpfölschmierung*
Schmierung der beweglichen Pumpenteile durch das von der Kurbelwelle aufgewirbelte Öl.

*Teilförderung*
→ Fördermenge, die sich ergibt, wenn der mögliche → Nutzhub nicht vollständig ausgenutzt wird.

*Überströmleitung*
Rohrleitung (evtl. flexibel) zur Ableitung des am → Überströmventil ausfließenden → Kraftstoffs, führt vom → Überströmventil zum Kraftstoffbehälter.

*Überströmventil*
Federbelastetes Ventil, evtl. einstellbar, zur Konstanthaltung des Kraftstoffdrucks im Saugraum der Einspritzpumpe.

*UT Unterer Totpunkt*
Der Kurbelwelle zuliegender Umkehrpunkt des Kolbens.

*Verbrennungsmotor*
Wärmekraftmaschine, die durch Verbrennung von Kraftstoffen im Verbrennungsraum – dessen Volumen durch Bewegung von Kolben oder Läufern verändert wird – nutzbare Energie abgibt.

*Verbrennungsraum*
Allseitig vom Arbeitszylinder und Zylinderkopf und dem Kolben umschlossener Raum.

*Verbrennungsverfahren*
a) mit unmittelbarer Einspritzung (→ Direkteinspritzmotor)
b) mit indirekter Einspritzung (→ Vorkammermotor) (→ Wirbelkammermotor)

*Verdichtungshub*
Die angesaugte Luft wird, während der Kolben sich in Richtung Zylinderkopf bewegt, verdichtet. Gegen Ende des Verdichtungshubs wird der → Dieselkraftstoff eingespritzt.

*Vollastdrehzahl*
a) $n_{VH}$ höchste Drehzahl der Vollastkurve (entspricht bei Fahrzeugmotor $n_N$),
b) $n_{VN}$ niedrigste Drehzahl der Vollastkurve.

*Vollastmenge (Vollast-Fördermenge)*
Kraftstoffmenge, die der Motor bei Vollastbetrieb benötigt.

*Vollförderung (Vollastmenge)*
Maximale Förderung des → Pumpenelements während des Betriebs.

*Vorhub*
Weg des → Pumpenkolbens vom unteren Totpunkt bis zum → Förderbeginn.

*Vorkammermotor (Vorkammerdieselmotor)*
→ Kraftstoff wird in eine Kammer eingespritzt, die mit dem Arbeitszylinder durch eine oder mehrere verhältnismäßig enge Öffnungen verbunden ist. Eine gerichtete Luftbewegung in der Kammer ist nicht erforderlich.

*Wirbelkammermotor*
→ Dieselmotor mit unterteiltem → Verbrennungsraum, bei dem der → Kraftstoff in eine mit dem Arbeitszylinder durch eine verhältnismäßig weite Öffnung in Verbindung stehende Kammer eingespritzt wird. Beim Verdichtungsvorgang wird eine gerichtete Luftbewegung erzielt.

*Wirkungsgrad des Motors*
Kenngröße für die Güte des im Motor ablaufenden Prozesses, charakterisiert die Umwandlung der zugeführten Energie in Nutzarbeit.

*Zündfolge*
Reihenfolge, in der die Zylinder nacheinander zünden.

*Zündverzug*
Zeitdauer von Einspritzbeginn bis zur Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches.

*Zündwilligkeit*
Die Zündwilligkeit ist ein Maß für die Selbstentzündung des → Kraftstoffes unter normalen Betriebsbedingungen im Motor. Sie wird mit der → Cetanzahl (CaZ oder CZ) ausgedrückt.

*Zulaufbohrung*
Querbohrung am → Pumpenzylinder, durch die der → Dieselkraftstoff zufließt.

# Test

1. Der Dieselmotor saugt beim Saughub
☐ a) nur Luft an
☐ b) ein Kraftstoff-Luft-Gemisch an

2. Der Dieselmotor arbeitet nach dem Prinzip der
☐ a) Gleichraumverbrennung
☐ b) Gleichdruckverbrennung

3. Die Förderpumpe fördert den Kraftstoff
☐ a) zum Saugraum der Einspritzpumpe
☐ b) in den Verbrennungsraum des Motors

4. Das Kraftstoffilter ist für den Betrieb der Einspritzanlage
☐ a) nicht unbedingt erforderlich
☐ b) unbedingt erforderlich

5. Wie groß ist im Durchschnitt die Porengröße der Kraftstoffilter bei Reiheneinspritzpumpen?
☐ a) 0,0015 mm (entspricht 1,5 µm)
☐ b) 0,015 mm (entspricht 15 µm)
☐ c) 0,15 mm (entspricht 150 µm)

6. Die wichtigsten Kriterien bei der Kraftstoffeinspritzung sind
☐ a) der Zeitpunkt der Kraftstoffzuführung
☐ b) die Zeitdauer der Kraftstoffzuführung
☐ c) die Verteilung des Kraftstoffes im Verbrennungsraum
☐ d) der Zeitpunkt des Verbrennungsbeginns
☐ e) die zugeführte Kraftstoffmenge pro Grad Kurbelwinkel
☐ f) die Gesamtmenge des zugeführten Kraftstoffs

7. Wie groß ist das Spiel zwischen Düsennadel und Düsenkörper bei Einspritzdüsen?
☐ a) 2... 4 µm
☐ b) 20... 40 µm
☐ c) 200...400 µm

8. Welche Einspritzdüse ist für den Direkteinspritzmotor geeignet?
☐ a) Zapfendüsen
☐ b) Drosselzapfendüsen
☐ c) Lochdüsen

9. Der Einspritzpumpentyp PE wird
☐ a) durch eine pumpeneigene Nockenwelle angetrieben
☐ b) durch eine fremde Nockenwelle angetrieben

10. Die Einspritzpumpe ist
☐ a) eine Kolbenpumpe
☐ b) keine Kolbenpumpe

11. Die Einspritzpumpe fördert Kraftstoff
☐ a) während der gesamten Hubbewegung
☐ b) nur während eines Teils des Hubes

12. Die Förderung von Kraftstoff beginnt
☐ a) im unteren Totpunkt
☐ b) wenn durch die Aufwärtsbewegung des Pumpenkolbens die Zulaufbohrung geschlossen wird
☐ c) wenn durch die Aufwärtsbewegung des Pumpenkolbens der Entlastungshub beendet ist

13. Die Förderung von Kraftstoff endet
☐ a) wenn die Steuerkante des Kolbens die Absteuerbohrung freigibt
☐ b) wenn der Pumpenkolben den oberen Totpunkt erreicht hat

14. Das Druckventil hat die Aufgabe
☐ a) die Druckleitung zu entlasten
☐ b) Druckleitung und Hochdruckraum zwischen den Nutzhüben zu trennen
☐ c) einen Restdruck in der Druckleitung aufrecht zu halten

15. Die Einspritzmenge verändert man durch
☐ a) Ändern des Nutzhubes
☐ b) Ändern des Gesamthubes

16. Die Höhe des Nutzhubes hängt ab
☐ a) von der Stellung der schrägen Steuerkante zur Absteuerbohrung
☐ b) von der Einstellung des Druckventils
☐ c) von der Nockenform

17. Bei Nullförderung befindet sich
☐ a) die Längsnut vor der Absteuerbohrung
☐ b) die schräge Steuerkante vor der Absteuerbohrung
☐ c) die Mantelfläche vor der Absteuerbohrung

18. Die Drehzahlregler der Einspritzpumpen haben die Aufgabe
☐ a) die Höchstdrehzahl zu begrenzen
☐ b) die Mindestdrehzahl nicht zu unterschreiten
☐ c) den Istwert mit dem Sollwert zu vergleichen

19. Bei der M-Pumpe erfolgt die Vorhubeinstellung
☐ a) mit Einstellschrauben
☐ b) mit im Durchmesser verschiedenen Stößelrollen
☐ c) mit Einstellplatten

20. Bei der A-Pumpe erfolgt die Vorhubeinstellung
☐ a) mit Einstellschrauben
☐ b) mit im Durchmesser verschiedenen Stößelrollen
☐ c) mit Einstellplatten

21. Die Vorhubeinstellung mit Einstellplatten erfolgt bei der
☐ a) M-Pumpe
☐ b) A-Pumpe
☐ c) MW-Pumpe
☐ d) P-Pumpe

22. Bei welcher Einspritzpumpe wird die Gleichförderung durch Verdrehen des Elementverbandes eingestellt?
☐ a) M-Pumpe
☐ b) A-Pumpe
☐ c) MW-Pumpe
☐ d) P-Pumpe

23. Nach dem Einspritzen in den Verbrennungsraum
☐ a) entzündet sich der Kraftstoff sofort
☐ b) entzündet sich der Kraftstoff nach einer zeitlichen Verzögerung

24. Der Zündverzug ist die Zeitspanne zwischen
☐ a) Förderbeginn und Einspritzbeginn
☐ b) Einspritzbeginn und Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemischs
☐ c) Förderbeginn und Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemischs

25. Die Aufgabe des Spritzverstellers ist es
☐ a) die Einspritzmenge zu verstellen
☐ b) den Einspritzbeginn zu verstellen

26. Die Einspritzpumpe PF hat
☐ a) keine eigene Nockenwelle
☐ b) eine eigene Nockenwelle

27. Eine Einspritzanlage muß vor der ersten Inbetriebnahme oder nach Wartungsarbeiten
☐ a) entlüftet werden
☐ b) nicht entlüftet werden

**Lösungen**

| Frage | Seite | Frage | Seite |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 15 | 17 |
| 2 | 4 | 16 | 17 |
| 3 | 6 | 17 | 17 |
| 4 | 8 | 18 | 19 |
| 5 | 8 | 19 | 22 |
| 6 | 8 | 20 | 22 |
| 7 | 10 | 21 | 22/23 |
| 8 | 10 | 22 | 22/23 |
| 9 | 12 | 23 | 24 |
| 10 | 12 | 24 | 24 |
| 11 | 15 | 25 | 24 |
| 12 | 15 | 26 | 26 |
| 13 | 15 | 27 | 30 |
| 14 | 16 | | |

# Alles für Ihr Auto.
# Alles für Ihre Sicherheit.
# Alles von Ihrem Bosch-Dienst.

Die Qualität der Bosch Produkte über lange Zeit zu erhalten oder wieder herzustellen, ist Aufgabe des Kundendienstes. Er ist Ihr zuverlässiger Partner, für die gesamte Kraftfahrzeug-Elektrik/-Elektronik und Gemischaufbereitung.

## Zündanlage
Oft liegt es an der Zündung, wenn die Leistung sinkt und der Kraftstoffverbrauch steigt. Bosch-Dienste prüfen mit modernsten elektronischen Geräten, stellen die Zündung optimal ein oder rüsten auf moderne, kontaktlose Zündanlagen um.

## Vergaseranlage
50% aller Kraftfahrzeuge verbrauchen zuviel Benzin. Mit Hilfe modernster Prüf- und Meßmethoden finden die Bosch-Dienste den Fehler schnell, ohne lange zu suchen oder zu probieren und stellen gründlich ein, setzen instand oder tauschen aus.

## Benzin-Einspritzanlage
Benzin-Einspritzanlagen sparen trotz höherer Motorleistung Kraftstoff.
Eine Benzin-Einspritzanlage kann auf Dauer nur dann präzise die Kraftstoffmenge berechnen, steuern und einspritzen, wenn sie genau justiert und auf den Motor abgestimmt ist. Dieses Abstimmen erfordert ein hohes Maß an Wissen und Können, Feingefühl und spezielle Meß- und Prüfgeräte. Wer könnte Einspritzsysteme von Bosch also besser betreuen als die Spezialisten der Bosch-Dienste?

## Diesel-Einspritzanlage
Bosch baut seit mehr als 50 Jahren Diesel-Einspritzanlagen. Wer könnte sie besser warten als die Spezialisten der Bosch-Dienste?
Durch präzise Einstellung und sorgfältige Wartung sorgen sie für volle Motorleistung und sparsamen Verbrauch.

## Stromversorgungsanlage
Ohne Strom geht nichts, ob Generator oder Batterie, Scheinwerfer oder Scheibenwischer, Blink- oder Bremslichtanlage, Warn- oder Informationssystem. Oft sind es nur kleine Defekte in der Stromversorgung, die zu einer Panne führen. Wer da eine mögliche Fehlerquelle suchen muß – muß oft lange suchen. Es sei denn, er ist Spezialist. Die Bosch-Dienste haben Spezialisten. Sie wissen, wie die Fehler schnell aufzuspüren und ebenso schnell zu beheben sind.

## Startsystem
Problemloses Starten auch im strengsten Winter – eine Selbstverständlichkeit, wenn das gesamte Startsystem, also Batterie, Starter, Zündschloß, Starterkabel und Kabelanschlüsse, in gutem Zustand ist.
Im Laufe der Betriebszeit können am Startsystem Abnutzungserscheinungen auftreten, die das Starten erheblich beeinträchtigen. Die Bosch-Dienste kennen diese Probleme nicht nur – sie wissen auch, wie sie zu lösen sind.
Mit speziellen Prüf- und Meßgeräten testen sie das gesamte Startsystem.

## Motor- und Abgastest
Bosch-Dienste prüfen alle für einen optimalen Motorlauf wichtigen Funktionen und stellen die vorgeschriebenen Abgasgrenzwerte sicher.

## Autoradio
Die Autoradio-Spezialisten vom Bosch-Dienst bauen nicht nur modernste Radioanlagen von Blaupunkt ein, sondern sie sorgen auch für einwandfreie Entstörung.

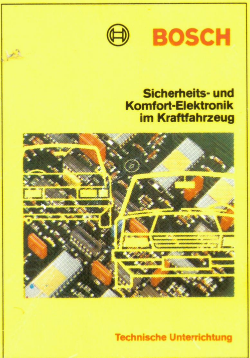
## Sicherheitsausrüstung
Die Bosch-Dienste bieten Vorführung, Beratung, Verkauf und Einbau von Nebel- und Fernscheinwerfern, H4-Umrüstsätzen, Nebelschlußleuchten, Auffahrwarnern, Wischblättern, Fanfaren, Autoalarmanlagen.

**Der Spezialist vom Bosch-Dienst hilft.**

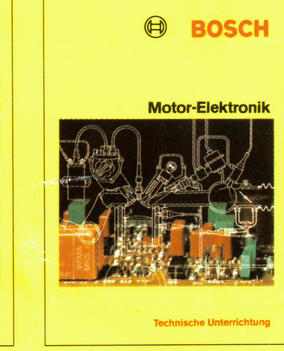


# Technische Unterrichtung

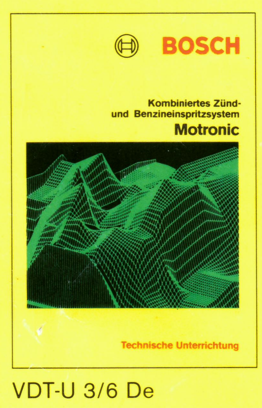
In der Reihe Bosch Technische Unterrichtung sind bisher folgende untenstehend abgebildete Titel erschienen.
Diese Druckschriften können Sie über unsere für Sie zuständige Vertretung beziehen; falls nicht bekannt, bitte Verzeichnis anfordern.



VDT-U 1/7 De



VDT-U 1/1 De



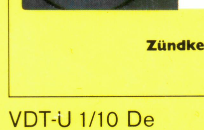
VDT-U 3/6 De



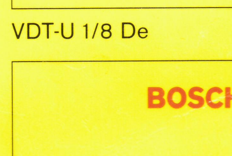
VDT-U 1/4 De



VDT-UBE 120/3 De

VDT-U 1/10 De

VDT-U 1/8 De



VDT-U 1/11 De




VDT-U 1/2 De



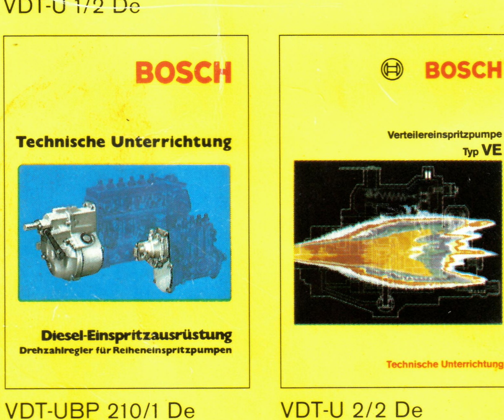
VDT-U 3/1 De



VDT-U 3/3 De




VDT-U 2/1 De



VDT-UBP 210/1 De

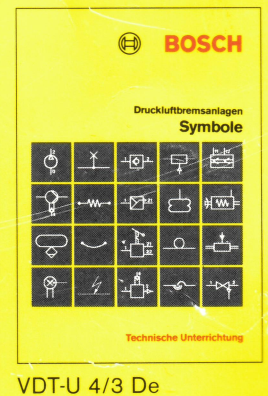
VDT-U 2/2 De



VDT-U 4/1 De



VDT-U 4/2 De




VDT-U 4/3 De

Weitere Titel in Vorbereitung

VDT-U 2/1 De**

1987 722 012